

**El mercado mundial de fundiciones de Cobre.
Situación, cambios y desafíos para Chile.**

por

Saul Alanoca

2022

Contenido

Resumen Ejecutivo	3
Introducción	9
1. El mercado mundial de fundiciones de cobre (Europa, Asia, China)	9
2. Competitividad de fundiciones	16
3. Medio Ambiente y Cambio Climático	21
4. Chile situación, desafíos y perspectivas.	
Elementos para una política de fundiciones e integración vertical	23
4.1 Elementos para una Política Minera y Desarrollo Industrial.	
Fundiciones, Refinerías y Semi manufacturas de cobre	32
Pilar 1 Desarrollo Minero y Metalúrgico. Adaptación del Código de inversiones y creación de un polo tecnológico minero metalúrgico	32
Pilar 2 Cadenas de valor agregado e innovación	35
Pilar 3 Descentralización Regional, Impuestos e inversión	36
Pilar 4 Desarrollo territorial en regiones mineras y sociedad civil	39
Aspectos Generales	40
Conclusión	42
Bibliografía	45

El mercado mundial de fundiciones de Cobre. Situación, cambios y desafíos para Chile

Saul Alanoca*

Resumen Ejecutivo

Se presenta la situación y los cambios de las últimas décadas en el mercado internacional de fundiciones de cobre (Cu) a fin de tirar lecciones y experiencias para un país minero como Chile. Muestra los cambios en el mercado europeo, asiático y de China en particular; así como, las medidas políticas aplicadas por este. Se presenta igualmente la situación, diferencias de costos, competitividad y el aumento en importancia del medio ambiente (MA) en el mercado y las lecciones a sacar de ello. Al final se introduce a la situación en Chile y se sugieren elementos para un diseño de una política minera que va más allá de las fundiciones, y que se puede aplicar a productores de concentrados, tratamiento de subproductos, refinerías, semi manufactures, servicios mineros, y otros metales. El objetivo es crear mejores condiciones de inversión para aumentar la competitividad de la industria minera y metalúrgica, atraer inversionistas con altas tecnologías, generar más valor agregado, cadenas de valor, Investigación y Desarrollo (I-D) y así enrielar el país a 15-30 años a un nivel de país industrializado en toda la cadena de la industria de Cu.

El mercado de fundiciones (F) de Cu ha conocido cambios importantes las 3 últimas décadas con la aceleración de la industrialización en Asia, y el pasaje a economías de mercado en China y en Europa del Este (EE); lo cual llevo a descentralización de decisiones, modernizaciones industriales, restructuración de complejos mineros, reemplazamiento de equipos obsoletos, inversiones en sistemas de transmisión eléctrica, telecomunicaciones, construcción, caminos y otros. El todo generando una aceleración industrial, una demanda de cobre y creación de nuevas capacidades de F, desconocidas hasta ahora en el mercado por su amplitud. Así entre 2000-2017, China aumento de más de 5 veces sus capacidades, África más 157%, Asia (sin China) más 62%, Europa más 25%, Rusia más 20%, Chile y Australia aumentan ligeramente de 10 y 8% respectivamente, mientras que Canadá y EEUU, disminuyen. Tales aumentos crean igualmente sobre capacidades, llevando a las F a utilizar 75-85% de ellas entre 2000-20. China es actualmente el principal productor, consumidor e importador de Cu, reemplazando al mismo tiempo los líderes del pasado, EEUU, Europa y Japón.

De las 124 fundiciones (F) de cobre existentes en el mundo, la mayor parte se encuentra en Europa y en Asia. De ellas se estima que 94 concentran la mayor parte del mercado (80-90%) y 24 plantas tienen capacidades de 200 a 900 mil toneladas (mlt), lo que es equivalente a 58% de la producción mundial de F 17.952 mlt en 2019. En cuanto a países China dispone del mayor número de F, más de 22 plantas, seguido de Rusia 10 pl, Chile 7 pl, Japón 6 pl, Canadá e India, siguen en importancia con 5 pl cada uno. Los países de la **Unión Europea (UE)** en conjunto poseen cerca de 30 F, concentrando 14-18 % de las capacidades mundiales. Las más importantes están en Alemania 3 pl con 700-800.000 t de capacidades, Polonia 4pl (500-600 mlt), España 2 pl (400 mlt), Bulgaria 2 pl (360 mlt), Suecia 1 pl (240 mlt), Bélgica 2 pl (200 mlt) y Finlandia 1 pl (160 mlt). Con el pasaje a la economía de mercado en EE la producción de las F se estancó en varios países, estas fueron adquiridas por sus ejecutivos o por empresas de la UE. Ella colocó a disposición un fondo de apoyo con créditos bajos para empresas de la UE y EE, lo cual favoreció en parte el proceso de modernización e integración. Así, por ejemplo, a fines de los 90, Pirdop una F-R de Bulgaria con capacidad de 340-360 mlt Cu, producción de ácido sulfúrico, Ag, Au, y Se, fue adquirida por Umicore (Be) por 80 millones (mll) USD y hoy en día es parte de Aurubis el más importante grupo minero alemán y europeo, con refinerías, fundiciones, tratamiento de subproductos y plantas de reciclado en 16 países de la EU. Aurubis Pirdop, Aurubis Hamburgo (Al) y Atlantic Cooper en Huelva (Esp), están actualmente entre las 25 mejores posicionadas a nivel mundial y entre las primeras según sus niveles de productividad. En resumen, la reconversión y reestructuración de procesos de gestión, fue facilitada por reformas de fondo, líneas de crédito bajas y largas e inversiones en modernización de tecnología.

* Dr. En Economía Internacional y Desarrollo. Universidad de la Sorbona, Paris, Asesor Económico y director de proyectos de cooperación técnica de la Unión Europea, CCI/CNUCED-OMC, ADB, BM, DFID, ONUDI y consultoras internacionales. saul.alanoca@free.fr; Versión corta publicada por la Cámara de Diputados y en la Revista de Estudios Nueva Economía. 2022. Volumen 7, Numero 1, pp 33-72. Universidad de Chile.

Asia. Las fundiciones asiáticas sobrepasan ampliamente los tonelajes europeos. En total el continente dispone de más de 28 fundiciones importantes de las cuales 14 tienen capacidades de más 300 mlt, concentrando a ellas solas cerca de 6.15 mllt. Los mayores incrementos serán en los próximos años en China, India e Indonesia. En **China** las 15 fundiciones más importantes poseen 32% de las capacidades mundiales y se estima tendrán 37% (9.3 mllt) al 2023-2024. Incluyendo las 22 F del país, ellas controlan 40% del mercado mundial. Varias de las extensiones de capacidades han sido retardadas con la pandemia, de ahí a estimar que el continente concentraría 42-45% del total mundial (25-28 mllt).

La transformación del modelo de desarrollo y las reformas institucionales que se llevaron a cabo en China en las últimas décadas, la han convertido hoy en día en uno de polos industriales mundiales más dinámicos. Su producción de Cu refinado era de solo 3.2% (302 mlt) del total mundial en 1980, pasando en menos de 4 décadas a 39.2% y a un consumo de Cu de más de la mitad mundial, 53.6% en 2020. Tales montos y la dimensión de su mercado, 1.400 mll de habitantes, lo han transformado en la referencia mundial en cuanto a tendencias, precios y condiciones de mercado. Así hoy en día, las cargas de tratamiento y de refinación (CT/CR), penalidades y niveles de aceptación de subproductos, son fijados cada año por las fundiciones y refinerías chinas, reunidas en el China Smelter Purchase Team, (CCST).

Tales cambios industriales tuvieron un largo recorrido con muchos altos y bajos. Después de la ruptura en el seno del Estado y PCC (1978), este establece una política de descentralización y modernización gradual. Se reestructura y crea varios organismos especializados en la industria minera, la importación y exportación de metales non-ferrosos y preciosos. El todo en 10-15 años. Ellos serán los encargados de ejecutar, controlar el proceso y colocar ejecutivos confiables en las regiones y sectores claves, así como de canalizar las autorizaciones de financiamiento del poder central de subsidios y créditos blandos para modernización de la industria minera y metalúrgica. En los años 80-90 el gobierno y organismos mineros contactan países líderes e instituciones de cooperación, ADB, PNUD, ONUDI, etc., para formación de cuadros. Centenas y centenas de ingenieros, economistas, abogados y otros son enviados a capacitarse a Japón, Corea, Australia, Inglaterra, Canadá, UE, etc. en metalurgia, tratamiento de metales, finanzas, comercio internacional, y otros.

Se autoriza la descentralización progresiva a los gobiernos regionales y a consagrar parte de su presupuesto a ello, a aceptar la participación del naciente sector privado y a la creación de empresas mixtas con F-R y semi manufacturas extranjeras. Se asegura con presupuestos específicos para la obtención de tecnologías modernas, así como la compra de patentes y licencias posteriormente. Objetivo independencia tecnológica a término. Se establece igualmente un plan para asegurar aprovisionamiento en Cu y otros metales; así se desarrollan empresas mixtas o se invierte en África, Indonesia, Australia y Perú. En Chile ya en los 80, entran en contacto con Codelco y el M. Minería para asegurar el abastecimiento de Cu a largo plazo y proponen la creación de una empresa conjunta en Pekín con la Fábrica de Cobre N°1.

Entre 2000-15 se concretiza gran parte de la modernización de minas, F-R, semi manufacturas y creación de complejos mineros mixtos. Así solo entre 2007-14 las capacidades de F pasan de 2 a más de 4 mill. ton., se invierte en 26 proyectos ligados a F, 7 con capacidades de 830.000 ton., para tratar concentrados de Cu usando tecnología ISA/Ausmelt, 6 F con procesos Flash o doble flash, 13 F con tecnologías side-blown, bottom-blown o Baiyin smelting process. Estos 3 últimos desarrollados en China son de más en más utilizados en el país sino también tienen demanda en otros países.

Ya en la década de los 90, viendo la dimensión de su mercado, un aparato industrial obsoleto y la política de modernización de apertura que se perfilaba era tal que todos pensaban que podían ganar algo en Chonguo, (China, país de centro), aunque se pierda o se sacrifique los primeros años. Así dejan de lado la ideología y todos corren a posicionarse en él, compañías mineras, empresas industriales, agrícolas, de seguros, bancos, consultorías, hoteles, y otros. Es lo que muchos llaman en la época la "China's attractiveness" y algunos pocos que veían ya algo peligroso a plazo la "China's Trap" ("la trampa china"). En breve, ruptura ideológica, modernización profunda de la industria minera y complejos metalúrgicos, descentralización y privatización gradual y controlada, formación constante, asegurar abastecimiento de Cu y creación de empresas conjuntas.

Competitividad de Fundiciones las rupturas institucionales y cambio de la estructura del mercado ha llevado a F-R a invertir en tecnologías avanzadas, reorganización de negocios y gestión para conservar o aumentar partes en el mercado. Así de 61 fundiciones analizadas por Cochilco en 2021 (Fig.1) 30 presentan costos bajo el promedio global (100 USD/t), de ellas la mayor parte son chinas, 22 F con un costo directo efectivo promedio de 56 USD/t; de ellas 15 están en el primer cuartil de costos, que son las que han modernizado más ampliamente y mejorado sus métodos de gestión. Elementos que se reflejan también en otras F y que están en países con costos de vida más caros, como es el caso de las europeas de Aurubis en Pirdop (Bulgaria) 72 USD/t, y

Hamburgo 99USD/t que invirtió en décadas precedentes sumas importantes en reestructuración y modernización de procesos. Caso similar son las F de Indonesia y Zambia, que son empresas conjuntas con mineras de EEUU y China respectivamente.



Las F que están sobre el promedio no han seguido los cambios tecnológicos de modernización y de gestión necesarios o lo han hecho débilmente. Es el caso de las F en Chile, EEUU y Filipinas que han invertido más que nada en la solución de problemas inmediatos y/o para cumplir con estándares medio ambientales, pero no en modernización profunda de procesos de tratamiento del Cu, recuperación de subproductos o MA. Otro elemento que ha influenciado en los bajos costos de F en 1er cuartil; son créditos con tasas de reembolso largas y modestas. Caso de F chinas, más los subsidios del poder central y de regiones; lo que ha facilitado su posición en el mercado. Las F europeas por su parte

beneficiaron del fondo de reconversión y modernización de la UE y de capital privado.

Con relación a costos de mano de obra (MO), la F Chinas muestran los costos más bajos (Fig.2), 5 veces menos que las chilenas, 1.6 c/lb contra 8c/lb en Chile, pero ello representa solo una parte del costo liquido neto (CLN), 17.8% en China contra el doble en Chile; aproximándose así a niveles cercanos de costos de las F europeas que están en un entorno mucho más caro, tienen que importar concentrados y anticipar costos de almacenaje de seguridad entre otros. En general tales costos disminuyen la productividad, y una de las razones sería que los salario en las F chilenas son similares a los de mina, los cuales son superiores al resto de la industria y la otra sería aumentos de MO y salarios en cada ciclo político. En gastos de combustible las F de Chile y Perú presentan los costos más bajos y los más altos en la UE y China, este representa 12.3% del CLN en Chile contra el doble en China que utiliza en gran parte carbón y tiene una penalidad por sus emisiones de carbono. En cuanto a la utilización de concentrados, las mejores situadas son las F de la UE con un uso de 3,43 t de concentrados para producir 1 tonelada de ánodos, seguido de Zambia y Chile. Lo cual denota eficiencia en el uso de los equipos y tecnologías en el primer caso; y eficacia en utilización de nuevas tecnologías y recuperación de subproductos en el caso de Zambia. Respecto a productividad, paradójicamente con un entorno y MO caros, son las F de la UE las que presentan la productividad más alta por persona (489 t Cu ánodo/persona). Su productividad en la producción de cátodos en las refinерías es similar, poseen la productividad más alta, (1877 t Cu cátodo/persona,) lo que sobrepasa de 2.6 veces la productividad de las F chinas y de más de 3 veces las de Chile y Perú con 585 y 597 t Cu cátodo/persona, respectivamente. Ello gracias a una estricta preselección de concentrados y programación en el uso de equipos, control eficiente de gastos generales, formación constante de MO y empleados y ausencia por huelgas o vacíos mínimos en la producción.

Se constata que los países y F con menores costos y mayor competitividad son aquellos en que han modernizado sus F, llevado a cabo cambios en la gestión de sus actividades y formación constante de su personal. En este último caso son las F europeas que muestran una mayor productividad, seguido de la F en Japón y Perú. En costos son las F chinas y de Zambia, ambas en un entorno de MO barato, aunque este tiende a aumentar sensiblemente en ambos países. Las menos competitivas son las F en Chile que han invertido poco en nuevas tecnologías, formación y nuevos métodos de gestión. En el último cuartil de costos se encuentran F privadas y de estado, siendo más numerosas las primeras y en el primer cuartil las más competitivas ambas, las estatales y privadas. El todo reside en modernización, formación y gestión eficiente no solo a nivel de F-R sino también institucional, políticas de Estado activas de largo plazo y canalización de inversiones en áreas y segmentos específicos en el sector minero.

Medio Ambiente (MA) y Cambio Climático (CC), el aumento de la importancia del MA y el CC en la sociedad civil y economía mundial, ha llevado a la mayor parte de sectores industriales a invertir en modernización de sus procesos de producción, gestión y organización de negocios. Así, los principales importadores de concentrados de Cu de Japón, UE, Corea, China, y otros, han establecido niveles y condiciones de compra más estrictas y penalidades más altas para concentrados con arsénico, plomo y otros elementos

nocivos para la salud y MA. La captura de azufre sobre la media aceptable en el mercado es de 96.4%, pero varias F con procesos más avanzados capturan entre 98.5% y 99.9% de azufre, entre ellas las asiáticas y 2 europeas, Huelva y Aurubis. En la media las F Japonesas son las más eficientes, capturan 99% o más de SO₂, las de Alemania 98.5%, China 98% y en Chile 95%. En el caso de las F en China, el poder central fijo límites hasta 0.01 % de mercurio (Hg) permitido en importaciones de concentrados, 0.05% de Cadmio (Cd), 0.1 % de fierro (Fe), 0.5% de arsénico (As) y 6 % de plomo (Pb), pero lo permitido oficialmente en el mercado interno es inferior. Ello para no romper el aprovisionamiento de Cu ni la producción de F-R, pero aumento penalidades y cargas a exportadores.

La actualización de "Best available techniques" (BAT) en 2010 en la UE para reducción de emisiones de productos nocivos de aire, polvos, agua, desechos, uso de materias primas, energía y otros, incluye también los costos y beneficios de las empresas y su entorno. En el caso del Cu, sus emisiones de aguas se han reducido de 43% entre 2007-2017 y las de polvo de 54% en 2008-2017, siendo la planta de Huelva (Esp) la que muestra reducciones más altas, menos 74% (2004-14) gracias a la introducción de filtros antipolvo de alta eficiencia. Otras medidas han sido tomadas independientemente por las empresas, así Aurubis (Ge) ha establecido una política de inversión constante, adecuando sus F al desarrollo tecnológico; lo que ha generado estándares medioambientales de primer nivel. Introdujo certificaciones ISO 9001 (sistemas de calidad) en 16 de sus filiales en Europa, más la de Buffalo en EEUU; 14 de ellas disponen también de ISO 14001 (gestión de MA), 7 con ISO 45001 (seguridad del trabajo) y 9 con ISO 50001 (estandartes y gestión de energía). Además, ha reducido sus emisiones de aire de la producción de Cu de 21% en 2020 con respecto a 2012. Con relación a las contaminaciones metálicas de aguas, logro reducir de 63% entre 2012-20, en lugar de 50% inicialmente planificado.

Todo ello no solo denota inversión y reducción temporaria de beneficios, sino también pensar el largo plazo, y mentalidad de sus dirigentes y accionistas con relación a la calidad del entorno, salud, nivel de vida de sus empleados y reputación de la empresa. Caso similar, pero con objetivos diferentes son el de las F-R de Tamano y Saganoseki (Japón), ambas son parte de JX Nippon Mining & Metals Group, que, en línea con su país en la COP21, va a reducir sus emisiones de CO₂ de 18% en 2030 con respecto a 1990, tiene también objetivos de desechos, aguas, SO₂, energía y otros. La mayor parte de sus 16 filiales en Japón y las 8 en el extranjero están certificadas ISO 14001, con auditorias periódicas y transparentes de su implementación.

En el caso latinoamericano, a excepción de la F de Chagres (Anglo Am.) que se encuentra en el 1er cuartil, el resto de F de Chile, Perú (Ilo), Brasil (Días d'Avila) y México (La Caridad) están en el último cuartil, con Ventanas y Alto Norte (Glencore), ligeramente mejor, en el límite del 3er y 4º cuartil. En general en la región las F no presentan planes similares a los nombrados anteriormente, los equipos de procesamiento son en la media antiguos, con ausencia o baja inversión en modernización y en nuevas tecnologías, presupuestos muy limitados, el problema ambiental y cambio climático no ha sido prioritario por mucho tiempo entre ejecutivos y decisores políticos, de ahí las soluciones de urgencia o de corto plazo.

En el caso **Chile**, lo últimos años las instituciones e industria minera han tomado importantes iniciativas y se nota un fuerte deseo de generar una minería verde y circular a diversos niveles, sobre todo en la nueva generación de ejecutivos, y que el país sea un ejemplo en el futuro. Chile posee el potencial para ello, pero de la misma manera que en otros países de la región la voluntad política de modernización y la visión de largo plazo han estado ausentes, a excepción de la PNM2050 iniciada en 2020. Con relación al MA, las 7 fundiciones nacionales poseen una capacidad de 1.7 mil. ton., de lo cual 490.000t son privadas; Chagres y Alto Norte. Entre 2003-13 se invirtieron 121 Mil por año en las 5 F estatales en MA; con el DL28 en 2013 se exigieron niveles más altos en la captura de arsénico, mercurio, material particulado (MP) y dióxido de azufre. El límite para azufre se fijó a 95% y de 98% de captura en 2018. La meta era moderada, ya en 2013 la captura era de más de 97% en el mercado mundial. Entre 2014-18 se invirtieron 2204 Mil USD en las 4 F de Codelco, 58 Mil USD en HVL de Enami que planifica invertir 611 Mil USD adicionales antes de 2023. Las privadas Alto Norte y Chagres invirtieron 100 y 70.5 Mil USD respectivamente para cumplir con el decreto. Chile aún está lejos de las normas requeridas por la OMS, EPA (USA) o de Japón. Si bien se muestra esfuerzos para reducir las emisiones, solo Chagres y Alto Norte estarían cercanas a los niveles de captura requeridos por el Estado. El resto aún necesita inversiones de fondo o tendrían que cerrar, con las repercusiones sociales y políticas que ello engendraría. Difícil de pensar que un gobierno se arriesgaría a ello. El problema de fondo es y ha sido más político que técnico, autorizar a Codelco a realizar las inversiones y modernización completa de F-R como lo han hecho Aurubis, Huelva, Tamano u otras.

Los últimos años ha habido varios foros y estudios (Cochilco, Cesco, Cepal-Giz, Voces Mineras etc.) sobre la necesidad de modernización de F-R y apuntar a producir más valor agregado en lugar de solo concentrados. Entre 2010-20 se exportó en promedio 26 mill ton de concentrados, 28 mill ton refinados de los cuales 10 % y 46% respectivamente corresponden a Codelco y el resto al sector privado. Se observa que los precios promedios de exportación de concentrados del sector privado fueron superiores a los de Codelco y casi cercanos al precio de refinados de la BML (cuadro 3), mientras que el precio promedio de Codelco de refinados superó de casi 900 USD al de la BML y de más de 1600 USD al del sector privado. Así si hipotéticamente se convierten los concentrados en refinados a exportar el país tendría 31.342,2 millones de USD (4125.6 ml. t x 7.597 USD/t) adicionales en las arcas fiscales. Incluso si se le quita 30% por procesos de refinación y otros, sería 21.939,5 mll USD, con solo 10-15% del monto restante las F-R estarían equipadas con las últimas tecnologías y el país con ingresos más importantes. Tal monto sería 5 veces superior si los concentrados del sector privado se exportasen como refinados a precios de la BML y de más 6 a precios de Codelco. En el fondo se constata decisiones micro y macroeconómica ineficientes más allá de Codelco al darle solo prioridad a concentrados.

Cuadro 3. Promedio de Exportaciones de concentrados y refinados de cobre entre 2010-2020 (miles ton; millones USD)

	Exportaciones concentrados (mil tones)	Valor exportaciones (Mill. USD)	Precio Exp. concentrados (USD/ton)	Exportaciones Refinados (mil tones)	Valor exportaciones (Mill. USD)	Precio Exp. Refinados (USD/ton)	Diferencia precio concentrado y refinado (USD/t; %)
Chile	26.658,6*	167.842,6	6.296	28.321,3*	190.030,7	6.710	-414 USD/t (-6.2%)
Codelco	4.125,6	20.686,7	5.014	11.454,4	87.018,2	7.597	-2.583 USD/t (-34%)
Sector privado	23.797,7	146.303	6.148	15.273,5	91.097,4	5.964	+184 UD/t (+3%)

Nota: Precio promedio BML 2010-20 = 303,950 USD/lb o **6.701 USD/t**; **Fuente.** Cochilco. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales 2001-2020, Stgo 2021; *1264.7 y 1593.4mlt diferencia promedio del total según fuente. Información no actualizada.

El producir más refinados en el país permite al mismo tiempo de recuperar subproductos muchos de los cuales sobrepasan el valor de Cu. Es el caso del Mo, Au, Ag, Pt, Pd, Te. Aduanas constata solo declaración de los 3 primeros, los otros en cantidades pequeñas no son pagables por el importador, pero recuperables. Así según Boliden (Sue. 2008) el ingreso de las F-R proviene en general de CTCR, 44%, subproductos 28%, metales libres 25% y premios 3%. La situación en el mercado hoy es diferente las cargas son inferiores pero la tecnología para recuperación mejor. Nada impide al país de incentivar la instalación de F-R sean estas nacionales, extranjeras o partenariatado (PPP), en todos los casos de figura desde el punto país sería una estrategia win-win, habría mayores ingresos fiscales, recuperación de subproductos, empleos más calificados, tecnología de punto y disminución de costos de transporte, seguros, penalidades y menos emisión de carbono. El exportar concentrados a China, por ejemplo, implica un recorrido de más 20.000 km por barco, más 500 km desde el puerto a la F por camión u otro. Para la exportación de 1 mll tms serían unos 100 barcos (según tonelaje), más un sin número de camiones. El todo implicaría entre 4 -6 veces más de emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) que exportar cátodos. Ello sin contar que una F en la costa china emite en la media 27% más de GEI que una localizada en el norte de Chile.

Otro elemento que sorprende a la nueva generación de ejecutivos mineros y observadores extranjeros es que, dado el potencial minero del país y su larga experiencia minera y la calidad de ingenieros, el país aún está en la primera fase minera, focalizado en concentrados, con débiles capacidades de F-R y una industria de semis pequeña (250 mlt). Chile está más de 200 años produciendo concentrados de Cu, ello es una referencia en el mercado, pero al mismo tiempo no ha llegado más allá. Ha surgido una mentalidad rentista, cortoplacista y no innovadora a través de los años en las capas dirigentes. De ahí los bajos presupuestos en I-D y las dificultades de invertir en F-R. La PNM 2050 cambia el rumbo y enriela la industria hacia horizontes de largo plazo y producción verde y más acorde con el futuro que se avecina. Pero ella focalizada solo minería y no incluye las semi manufacturas ni la metalúrgica como parte de la industria minera donde hay otro valor agregado.

Elementos para una política minera y desarrollo industrial. Como se observa en la breve síntesis del mercado de F se constata que la inversión en modernización tecnológica, la competitividad, el rol del medio ambiente y las regulaciones que rigen el mercado han jugado un rol capital en los cambios del mercado mundial de F de Cu. A ello hay que agregar el rol activo y capital del Estado en la mayor parte de casos. En el caso de Chile, si bien el país dispone de buena experiencia y reputación en la producción de Cu, su conocimiento, experiencia y medios en otras ramas del mercado, no son suficientes como las que dispone la industria extranjera en tecnologías innovadoras, capital y otras; de ahí a crear condiciones atractivas para incentivar y atraer a esa industria a instalarse en el país como empresa individual, mixta, PP u otras convenientes para inversionista y el país y según sus reglas del juego.

Se incluyen en el propósito, elementos a considerar en una política minera que va más allá de F, válido igualmente para otras ramas del sector (refinerías, semis manufacturas, servicios, relaves, subproductos, etc). Ello incluye adaptación del código de inversiones a recursos mineros e incentivos fiscales, polos tecnológicos en regiones mineras y cadenas de valor con mayor agregado, modernización de procesos tecnológicos, promoción de inversiones, diversificación, descentralización y reforma institucional, capacitación constante y cooperación internacional. El todo se concentra en cuatro pilares apuntado 2030-50; es la continuidad y complementa en ciertos aspectos la PNM 2050.

Pilar 1. Desarrollo Minero y Metalúrgico. Considera 2 ejes principales

1. Adaptación del Código de inversiones (CI) actual Ley 20.848 (ex DL 600) y creación de un polo tecnológico minero. Se sugiere de actualizar y ajustar el CI a uno específico para la industria minera y metalúrgica (IMM). Se introducen tasas impositivas más atractivas para inversiones según prioridades del país, F-R, Semis, Concentrados, otros, 2. Creación de un polo innovación tecnológica de calidad mundial (Silicon Valley Minero) para productos y servicios IMM en dos regiones mineras.

Pilar 2. Cadenas de valor agregado e innovación (CVI). Dispone de 4 componentes:

1. Creación de una Empresa de Inversiones Mineras y Metalúrgicas, 2. Promoción para creación y aumento de la inversión en CVI de empresas nacionales o extranjeras, 3. Creación de un Fondo Innovación y Cadenas de valor agregado, 4. Programas de Cooperación Internacional con países y asociaciones industriales líderes.

Pilar 3. Descentralización Regional, Impuestos e inversión. Presenta 4 ejes de actividad

1. Regulación, Impuestos, Financiamiento Descentralizados, 2. Aduanas y Exportación, 3. Capacitación, 4. Alianzas y Programas de Coop. con países líderes en descentralización institucional, impuestos e inversión.

Pilar 4. Desarrollo territorial en regiones mineras y sociedad civil. Incluye 2 ejes de acción

1. Desarrollo territorial y Sociedad Civil En sinergia con la nueva constitución, el CI, la PNM 2050 y la actual administración se establecen mecanismos de gobernanza y administrativos para desarrollo territorial y participación de la sociedad civil y sector privado en la industrialización de toda región minera del país. 2.) Creación de un Fondo Minero para personal minero, empleados o ciudadanos en las regiones mineras a fin de facilitar la adquisición de acciones o partes en toda empresa de la IMM que lo desee.

Los pilares incluyen coordinación entre la principales instituciones mineras, sector privado y sociedad civil. Sus actividades son transparentes y previo inicio de ellas, estudios macro- micro son considerados a fin de ver los pros y contra y ajustar la actividad en función de prioridades del país.

Entre los problemas más frecuentes de tales políticas de largo plazo según experiencia de otros países (Singapur, Corea del Sur, Malasia, etc.) son: cambios de gobierno, coordinación entre instituciones, cambios y ajustes legales, redistribución de presupuestos, debilidad de recursos humanos, feudos institucionales o regionales y alta presión de grupos de interés. Para sobrepasar tales obstáculos, alta voluntad política, interés general o de país, búsqueda de consenso, comunicación y transparencia, figuran entre los elementos que han jugado positivamente en la ejecución y concretización de políticas de largo plazo.

Saul Alanoca

Asesor Económico y Comercial Sr. ¹

Resumen

El propósito del texto es presentar elementos claves para el diseño de una política minera industrial integrada para Chile, que va más allá de concentrados de cobre (Cu), e incluye fundiciones, refinados y semis, lo cual es de mayor importancia en el desarrollo industrial del país. Las últimas décadas los mercados nombrados han mostrado cambios significativos con el surgimiento de nuevos polos de industrialización lo que ha afectado la competitividad y las partes de mercado de la industria nacional. El estudio presenta la situación y los cambios en el mercado internacional de fundiciones de cobre a fin de tirar lecciones y experiencias para un país minero como Chile. La 1ra parte muestra las mutaciones en el mercado europeo, asiático y de China en particular; así como a los cambios, las inversiones y capacidades instaladas en las mayores fundiciones del mundo y las medidas políticas aplicadas por el líder actual del mercado, China. La 2da parte introduce a la situación y diferencias de costos y competitividad en el mercado y las lecciones de ello. La 3ra parte muestra el aumento en importancia del medio ambiente, las medidas e inversiones aplicadas por las fundiciones en diversas partes del mundo. Al final se introduce la situación en Chile y se sugieren cuatro pilares (P) para un diseño de una política minera para los próximos 15-30 años que va más allá de las fundiciones, y que se puede aplicar a productores de concentrados, tratamiento de subproductos, refinерías, semi manufactures, servicios mineros, y otros metales. Ello incluye Desarrollo Minero y metalúrgico (P1), Cadenas de Valor agregado e innovación (P2), Descentralización regional, impuestos e inversión (P3) y Desarrollo territorial en regiones mineras y sociedad civil (P4).

Palabras clave: Costos, competitividad, medio ambiente, inversiones, políticas mineras e industriales.

Códigos JEL:L72, O25, Q32, Q37, Q38

Summary

The purpose of the text is to present key elements for the design of an integrated industrial mining policy for Chile, which goes beyond copper concentrates (Cu), and includes smelters, refiners, and semis, which have greater relevance in the industrial development of the country. In recent decades, the named markets have shown significant changes with the emergence of new poles of industrialization which has affected the competitiveness and market shares of the national industry. The study presents the situation and changes of the last decades in the international copper's smelter market. The purpose is to learn from experiences and get some lessons for a mining country like Chile. It shows the changes in the European, Asian, and Chinese market in particular; as well as the transformations, the investments and installed capacities in the largest foundries in the world and the policy measures applied by the leader of the market, China. The second part introduces the situation, costs differences, markets competitiveness, and the lessons from it. The third part shows the increasing importance of environment, the measures and investments applied by the smelters in various parts of the world. At the end, it introduces the situation in Chile, and it proposes four pillars (P) for the development of an integrated mining policy for the next 15-30 years that goes beyond smelters, and that can be applied to producers of concentrates, by-product treatment, refineries, semimanufactures, mining services and other metals. It includes Mining and metallurgical development (P1), Value added chains and innovation (P2), Regional decentralization, taxes, and investments (P3) and Mineral region's development and civil society (P4).

Key words: Costs, competitiveness, environments, investments, mineral and industrial policies.

JEL codes : L72, O25, Q32, Q37, Q38

1. El mercado mundial de Fundiciones de cobre (Europa, Asia, China)

El mercado mundial de fundiciones (F) y del cobre en general, ha visto cambios significativos en las últimas décadas con la aceleración de la industrialización en el mercado asiático, las rupturas institucionales en China, y su rol creciente en la economía mundial y en el mercado de cobre (Cu) en particular. A ello se agregan los cambios ocurridos en Europa del Este, y el aumento creciente de demandas medioambientales y sociales en el mercado en general. El todo ha generado un cambio de

¹ Asesor Económico y director de proyectos de cooperación técnica de la Unión Europea, ONUDI, CCI/CNUCED-OMC, ADB, BM, DFID y consultoras internacionales.

ejes tradicionales de producción y de flujos comerciales hacia el mercado asiático, reduciendo al mismo tiempo la preeminencia de los mercados europeos y de EEUU. Ellos dominaban el mercado de fundiciones y refinadoras (F-R) en los años 1960-85, para después ser las F-R japonesas y en menor medida las europeas donde se llevan cabo una serie de fusiones y adquisiciones entre 1985-2005. A partir de 2005-15 las capacidades de F-R en China aumentan sensiblemente, imponiéndose en el mercado por las reformas que lleva a cabo. Chile de 2do en importancia en el mercado de F-R en la década anterior pasa a 3er lugar, conservando solo su 1er lugar en el mercado de concentrados.

Así la capacidad primaria mundial de fundiciones (F) de concentrados aumento de 11.7 Millones toneladas (mllt) en el año 2000 a 19.3 mllt en 2017. Es decir, un incremento de 65%, mostrando al mismo tiempo aumentos de capacidades hasta ahora desconocidas en el mercado en las últimas décadas. China, por ejemplo, aumento de más de 500 % en el periodo nombrado, pasó de 1.3 a 6.8 mllt, África (RD. Congo, Zambia, África del Sur etc.) más 157% (1.5 mllt), Asia (Japón, Corea, India, sin China) más 62%, Europa más 25% (+2. mllt), Rusia más 20%, Chile y Australia aumentan ligeramente de 10 y 8% respectivamente. Disminuyen capacidades Canadá (-66%) y EEUU (-17%). (WMS, 2021; Hernández. S, 2018; Cochilco 2000-2019) Tales aumentos generaron al mismo tiempo sobre capacidades, llevando a F a utilizar 75-85% de capacidades entre 2000-20 y menos durante la pandemia. En cuanto a partes del mercado de producción de F, China aumento de 4% a 40% entre 1990-2020, mientras que Chile uno de los principales productores y exportadores en ese segmento de mercado paso de 13 a 7%.

Las fundiciones (F) son la parte intermedia de la industria de transformación del cobre (Cu) en metal refinado. Estas reciben los minerales de la mina después de pasar por un proceso de tamizado, trituración, molienda y decantación o sedimentación con tenor de Cu de 25-30%. Le sigue el proceso de fundición para convertir el cobre recibido en mate, blíster y ánodos con 98.5-95.5% de Cu, lo cual es transformado por las refinadoras en cobre refinado o cátodos con 99.9 o más de pureza. Fundiciones y refinadoras (F-R o FuRe) cobran a los productores o exportadores de concentrados cargas por el proceso de tratamiento y refinado (CTCR o TCRC ingles) y por la separación de impurezas de arsénico, azufre, bismuto y de otros minerales que vienen en cantidades variables según yacimiento, malaquita, azurita, calcopirita, níquel, fierro, zinc, plomo, molibdeno, cobalto u oro, plata, platino, paladio, y tierras raras como el selenio, telurio o renio.

Una vez puros (99.9% Cu), los cátodos serán vendidos a las empresas manufactureras de cobre para convertirlos en cables, barras, placas, tubos, conectores, hilos de Cu extrafinos, aleaciones y otros a ser utilizados en la producción de energía y electricidad, refrigeración, transporte, construcción, electrónica, teléfonos, autos, etc. Dado el incremento en importancia de estas industrias sobre todo a nivel de redes eléctricas, energías alternativas, productos electrónicos (computadores, celulares, etc.), vehículos eléctricos y otros propios a la actual revolución industrial, el cobre, así como otros subproductos han aumentado significativamente en importancia en la mayor parte de economías industriales y en mercados emergentes.

Ello presenta grandes oportunidades para productores de productos mineros, pero exige al mismo tiempo a toda la cadena de producción (concentrados, fundiciones, refinadoras, manufacturas), otra manera de producir, vender y comunicar. Procesos de producción respetuosos del medio ambiente y de poblaciones circundantes, metales más limpios, menos contaminantes y fácilmente reciclables entre otros. Ello ha llevado a empresas y fundiciones a invertir sumas importantes en modernización de sus procesos de producción a fin de cumplir con los estándares de certificación internacionales para satisfacer las demandas del mercado y de los consumidores finales.

De las 124 fundiciones (F) de cobre (Cu) existentes a nivel mundial la mayor parte se encuentra en Europa y en Asia. De ellas se estima que 94 concentran la mayor parte del mercado (80-90%) (Earthi

Space, 2011) y 24 plantas tienen capacidades de 200 a 900 mil toneladas (mlt), lo que es equivalente a 58% de la producción mundial de fundiciones 17.952,4 mlt en 2019 (cuadro 1). En cuanto a países China dispone del mayor número 22 plantas, seguido de Rusia 10 pl, Chile 7 pl, Japón 6 pl, Canadá e India 5 pl cada uno, Polonia y Alemania 4 y 3 pl. respectivamente.

Europa. Los países de la Unión Europea (UE) poseen cerca de 30 plantas que concentran 14-18 % de las capacidades mundiales de fundición. Las más importantes están en Alemania 3 plantas (700-800.000 t), Polonia 4 pl (500-600 mlt), España 2 pl (400 mlt), Bulgaria 2 pl (360 mlt), Suecia 1pl (240 mlt), Bélgica 2pl (200 mlt) y Finlandia 1pl (160 mlt). Disponen también de fundiciones más pequeñas, de menos de 100 mlt. Austria, Eslovaquia, Francia, Italia, Rumania y Hungría (USGS, 2021; ICSG, 2020, 2021, Statista, 2015-2022). En la parte este del continente europeo Albania, Serbia (170-200 mlt) y Rusia 10 pl (+1.100 mlt, est.) disponen de fundiciones con capacidades estimadas en total a 1200-1.400 mlt. Estas en gran parte de los casos disponen o están ligadas a refinerías para transformación de ánodos en cátodos y transformación de otros minerales que vienen con los concentrados. Su modernización va con altos y bajos.

Con el pasaje a la economía de mercado en Europa del Este la producción de las fundiciones se estancó en varios países, estas fueron adquiridas por oligarcas o ejecutivos cercanos a las nomenclaturas a precios inferiores a su valor para posteriormente emprender modernizaciones y acercarse a los estándares de la UE o ser adquiridas por empresas de esta u otra región. Es el caso de Pirdop una fundición y refinería (800 empleados) creada en 1958 en la ciudad del mismo nombre en Bulgaria, produce 340-360 mlt de Cu, además de ácido sulfúrico (830 mlt) y procesa plata, oro y selenio. Fue adquirida a fines de los 90 por la antigua Unión Minera (Umicore, Be) por 80 millones (mll) US\$ y hoy en día es parte de Aurubis el más importante grupo minero alemán y europeo, con refinerías, fundiciones y plantas de reciclado en Hamburgo (Al), Bélgica, Inglaterra, Italia y Suiza. Él invirtió más de 600 mll US\$ para modernizar la fundición y refinería de Pirdop (Arubis 2022; Mining Magazine 2020, June). De otro lado en Serbia, Zijin un grupo minero chino adquirió 63% del complejo minero metalúrgico de Bor (80 mlt), inyectando posteriormente 350 mll US\$. Va a invertir 800 mll US\$ adicionales para aumentar y modernizar sus capacidades y cumplir con los estándares ambientales europeos y posicionarse en su mercado. Bor pasa a llamarse Zijin Bor Cooper y apunta a procesar 473 mlt de concentrados, 122 mlt de ánodos, 90 mlt de cátodos, 370 mlt de ácido sulfúrico, 1.833 Kg de oro y 11.9 t de plata ². Conscientes de la penetración de nuevos actores y el incremento de la competencia, las F-R de la UE han tendido a aumentar sus alianzas y a asegurar algo clave, su aprovisionamiento en concentrados; automatizar procesos de producción, reducir costos y mejorar las normas medioambientales y de gestión más allá de lo requerido. Aurubis Pirdop, Aurubis Hamburgo (Al) y Atlantic Cooper en Huelva (Esp) y estarían entre las 25 mejores posicionadas a nivel mundial (Fig.1) y entre las primeras según sus niveles de productividad. En resumen, altas inversiones en modernización de F-R y reestructuración en los procesos de gestión han contribuido a ello.

Asia Las fundiciones asiáticas siguen de cerca en importancia en cuanto al número de plantas no así en cuanto a las capacidades existentes, donde sobrepasan ampliamente los tonelajes europeos. En total el continente dispone de más de 28 fundiciones importantes de las cuales 14 tienen capacidades de más 300 mlt, concentrando a ellas solas cerca de 6.15 mllt. En **China** las 15 fundiciones más importantes poseen 32% de las capacidades mundiales y se estima tendrán 37% al 2023-2024, es decir 9.3 mllt. Incluyendo las 22 F del país, ellas controlan 40% del mercado mundial.

² <https://serbia-energy.eu/zijin-bor-copper-in-serbia-plans-to-invest-800-mln-in-expansion-of-its-production-capacity/>; <https://www.zijinmining.com/business/Reserves-&-Resources.htm>; <https://cpmconsulting.rs/serbia-zijin-bor-copper-smelter-expansion-project/>

**CUADRO 1. Principales Fundiciones Mundiales de cobre según capacidades en 2019
(miles toneladas métricas, mlt)**

Fundición	País	Propietario	Proceso	Capacidad Miles ton.
1 Guixi (smelter)	China	Jiangxi Copper Corp (Estado RP China)	Outokumpu Flash	900*
2 Birla Copper (Dahej)	India	Aditya Birla Group (Privada, 46 billones US\$ de ingreso en 2020)	Outokumpu Flash, Ausmelt, Mitsubishi Continuous	500
3 Chuquibambilla	Chile	Codelco (Estado de Chile)	Outokumpu / Convertidor El Teniente	450
4 Jinchuan (Fangchengang)	China	Jinchuan Non-Ferrous Metal Co. (Estado, Provincia de Gansu)	Flash Smelter	450
5 Hamburg	Alemania	Aurubis (Privada)	Outokumpu, Contimelt, Electric	450
6 Besshi/ Ehime (Toyo)	Japon	Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.	Outokumpu Flash	450
7 Saganoseki/Ooita (smelter)	Japon	Pan Pacific Copper Co. Ltd	Outokumpu Flash	450
8 El Teniente (Caletones)	Chile	Codelco (Estado de Chile)	Reverberatory/ Convertidor El Teniente	400
9 Jinchuan (smelter)	China	Jinchuan Non- Ferrous Metal Co. Ltd (Estado Prov. Gansu)	Reverberatory/ Kaldor Conv.	400
10 Jinguan (smelter)	China	Tongling Nonferrous Metals Group (Estado)	Flash Smelter	400
11 Jinlong (Tongdu)	China	Tongling Nonferrous Metals Corp. (57.4%), Sumitomo (35%), Pingguo Aluminium Co.	Flash Smelter	400*
12 Xiangguang Copper (smelter)	China	Yanggu Xiangguang Copper Co	Outokumpu Flash	400
13 Sterlite Smelter (Tuticorin)	India	Vedanta	Isasmelt Process	400
14 Norilsk (Nikelevy, Medny)	Rusia	Norilsk Nickel (Privada)	Reverb, Electric, Vanyukov	400
15 Pirdop (smelter)	Bulgaria	Aurubis (99.77%)	Outotec/ Outokumpu Flash	360
16 Ilo Smelter	Peru	Southern Copper Corp. (Gr. Mexico 75.1%)	Isasmelt Process	360
17 Onahama/ Fukushima	Japon	Mitsubishi Materials Corps. (49.29%), Dowa Metals & Mining Co. Ltd (31.5%), Furukawa Metals & Resources Co. (12.67%)	Mitsubishi/ Reverb.	354
18 Alto Norte (smelter)	Chile	Glencore (Codelco*)	Outokumpu/ Convertidor El Teniente	350
19 Hedong Copper	China	Jiangxi Copper, Fuchunjiang (joint venture)	Side-Blown	350
20 Yunnan	China	Yunnan Copper Industry Group (Local Government)	Isasmelt Process	350
21 Sarchesme Copper Complex (smelter)	Iran	National Iranian Copper Industry Co.	Flash Smelter	350
22 Naoshima/Kagawa(smelter)	Japon	Mitsubishi Materials Corp.	Mitsubishi Continuous	342
23 Huelva	España	Atlantic Copper SA. (Freeport McMoran.)	Outokumpu Flash	320
24a Glogow I	Polonia	KGHM Polska Miedz SA (31.79% Polish State Treasury), 5.05% Nationale-Nederlanden OFE, 5.02% Aviva OFE, 58.13% Otros	24a Blast Furnace	220*
24b Glogow II			24b Outokumpu Flash; Outotec Direct Blister Flash smelting	230*
Total 24 fundiciones	11 países	Estado y sector privado	11 procesos diferentes	10.436

Notas* 10.436 mlt corresponden a 58 % de la producción mundial de las fundiciones (17.952,4 mlt en 2019). Las capacidades son estimadas, ciertas fuentes presentan en algunos casos, capacidades con años o nombres diferentes, otras capacidades de tratamiento de concentrados y no cap. de anodos etc. * Guixi fluctúa entre 600-900 mlt; en Chile las 3 nombradas + de 1000 mlt según las dos últimas fuentes abajo, pero la mayoría de ellas señala lo del cuadro; en Polonia por ejemplo las fuentes divergen según USGS y KGHM Web Corporativa, ídem en el ICSG y USGS Map según año, ello en parte debido a cierres, restructuración o modernización de fundiciones.

Fuentes: ICSG. The World Copper Factbook, 2015, 2019, 2020. Lisboa; <https://es.statista.com/>; USGS Map and table of world copper smelters, 22.03.21; <https://mrdata.usgs.gov/copper/map-us.html>; mapa de smelters; <https://data.doi.gov/dataset/map-and-table-of-world-copper-smelters>; <https://kgmh.com/es/negocio/procesos/metalurgia-y-refineria>; <https://www.adityabirla.com/french/about-us>; <http://www.hindalco.com/industries/copper>; http://www.tmg.com.cn/index_X.aspx; Hernández. S, Análisis del mercado de concentrados de cobre y fundiciones. Cochilco. 2018, Chile. Basado en información de Wood Mackenzie. www.miningnewswire.com 17.12.2020

Varias de las extensiones de capacidades han sido retardadas con la pandemia, de ahí a estimar que el continente concentraría 42-45% del total mundial (25-28 mlt). Los mayores incrementos serán en China, India e **Indonesia**. Este último a través FreePort McMoRan (ex Phelps Dodge, USA) en Gresik, exporta tradicionalmente concentrados, pero ha decidido pasar, (bajo "sugerencia" y compra de partes del Estado) a la liga superior e invertirá 3.000 mll.US\$ en una fundición y refinería con capacidades de procesamiento de 1.7 mlt de Cu concentrados y 600.000 t para producción de cátodos. Adicionalmente está en discusiones con Tsingshang Steel un grupo chino para invertir 2.800 mll US\$ en otra fundición de Cu ³. Se puede señalar que Indonesia dispone de 28 mlt t de reservas estimadas de Cu, 7 veces menos que Chile y produce actualmente 400 mlt en concentrados y 247 mlt en F, es decir

³ <https://www.mining-technology.com/news/freeport-construction-indonesian-smelter/>; http://www.news.cn/english/2021-10/12/c_1310240646.htm

con los 1.7 mlt de concentrados que producirá en los próximos años, tendría para otros 14-15 años más. En **India** de las 4 F, Vedanta (Sterlite Smelter Plant) una de la más importantes; fue obligada a cerrar su fundición por casi 3 años debido a protestas relacionadas con la salud de la población y el medio ambiente. Planea invertir 1.4 mll US\$ en modernización completa de su fundición. Ella se hará por etapas con una primera fase de 500 mlt de tratamiento. Estará situada en un puerto en el sur de India, con una parte apuntando exportaciones al mercado asiático y la otra a los mercados de Medio Oriente, África y Europa. (Bloomberg, 2021).

Si bien hoy en día el polo industrial más dinámico es Asia, **China** se ha convertido en su centro y es el que ha mostrado los cambios más significativos. Con la transformación de su modelo de desarrollo y las reformas institucionales que ello implica. En menos de cuatro décadas más de 800 mll de personas han salido de la miseria, y los últimos 10 años 100 mll han abandonado la pobreza extrema ⁴. Si bien ello es algo sin precedentes en la historia económica, ha engendrado al mismo tiempo un aumento de la desigualdad, un fuerte consumismo en la población y una urbanización e industrialización a tasas sobre dos dígitos. Así, se han modernizado y creado nuevas ciudades, lo que implica mayor electrificación, construcción de viviendas, caminos, calles, sistemas de canalización, de transporte, fábricas y otros. El todo, una tarea gigantesca que ha convertido al mismo tiempo la industria del país, en el mayor importador y consumidor de Cu y otros metales. Su producción de Cu refinado era de solo 3.2% (302 mlt) del total mundial en 1980, pasando a 23.6% (4.5 mllt) en 2010 y a 39.2% (9.8 mllt) en 2020 y a un consumo de Cu de más de la mitad mundial, 53.6% (12.1 mllt) en el mismo año (WMS, 2021, Cochilco 2021). Tales montos y la dimensión de su mercado, 1.400 mll de habitantes, lo han convertido en la referencia mundial en cuanto a tendencias, precios y condiciones de mercado. Así hoy en día, las cargas de tratamiento y de refinación (CT/CR o TCRC) son fijadas cada año por las fundiciones y refinerías chinas, reunidas en el China Smelter Purchase Team, (CCST) que fijan los montos de referencia anuales o semestrales; lo cual depende en gran parte de la demanda en su mercado, capacidades de producción y sus niveles de stocks entre otros. A mayor oferta de concentrados, más bajos son los precios de mercado y más altas son las cargas que estos tienen que pagar a fundiciones y refinerías para procesarlas. Actualmente (01.2022) ellas están a 65 US\$/mt y 6.5 cents/lb para el primer trimestre de 2022 contra 107 y 10.7 en 2015.

Los cambios comienzan en los 80 después de la ruptura en la dirección del Partido Comunista Chino (PCC); a medida que se perciben pasos más seguros en las reformas de Estado, instituciones y en el aparato del Comité Central (CC), el interés por el mercado chino aumenta de más en más en el mundo industrializado. Ya en la década de los 90, todos corren a posicionarse en él, compañías mineras, empresas industriales, agrícolas, de transporte, de seguros, bancos, consultorías, hoteles, organismos internacionales y otros. Es lo que muchos llaman en la época la "China's attractiveness" y algunos pocos que veían algo peligroso a plazo la "China's Trap" ("la trampa china"). La dimensión de su mercado, un aparato industrial obsoleto y la política de modernización que se perfilaba era tal que todos pensaban que podían ganar algo, aunque se pierda o se sacrifique los primeros años. El Comité Central del PCC establece una política de descentralización y modernización gradual. Reestructura y crea varios organismos especializados en la industria minera, la importación y exportación de metales non-ferrosos y preciosos ⁵. El todo en una década. Ellos serán los encargados de ejecutar, controlar el proceso y colocar ejecutivos confiables en las regiones y sectores estratégicos.

⁴ <https://capiremov.org/es/analisis/las-mujeres-sostienen-la-mitad-del-cielo-como-china-erradico-la-pobreza-extrema/>; <https://www.dw.com/es/de-verdad-china-acab%C3%B3-con-la-pobreza-extrema/a-56788907>; <https://datosmacro.expansion.com/demografia/indice-gini> ; Los que han visitado frecuentemente el país, entre ellos el autor, recorrido zonas rurales, aldeas, ciudades medianas y grandes, constatan el cambio de situación y de mentalidades El país ha pasado de entre los últimos del tercer mundo a otro más avanzado pero aun entre los países en desarrollo, su ingreso per cápita es actualmente de 15-17000 US\$ (PPA); de otro lado, habrían hoy en día unas 200-250 mll de personas con ingresos similares a los de un europeo. Al mismo tiempo se constata, el pasaje de un poder central altamente autoritario a una descentralización progresiva pero controlada, sobre todo en sectores considerados estratégicos.

⁵ China National Nonferrous Metals Industry Corporation (CNMC) y China National Nonferrous Metals Import and Export Corporation (CNIEC), creadas en 1983-84, Minmetals (1952). En total son más de 6 organismos que serán reestructurados más tarde, 1990-2005. Ver CRU, Copper Studies Dec. 1985-90 para el 1er periodo.

Al mismo tiempo el poder central financia con subsidios y créditos blandos⁶ la modernización de la industria minera, para posteriormente autorizar los gobiernos regionales a consagrar parte de su presupuesto a ello y a aceptar participación del naciente sector privado y de la creación de empresas conjuntas con mineras extranjeras, caso Mitsubishi, Sumitomo, etc. Ello aseguraba la obtención de tecnologías modernas, así como la compra de patentes y licencias posteriormente. Durante ese periodo los ejecutivos de CNNC y CNIEC (ref. 11) buscan a asegurar fuentes de aprovisionamiento en "Tong" (Cu) y otros metales; así se desarrollan empresas mixtas o se invierte directamente en África, Indonesia, Australia y Perú. Solo en Cu en África a investido 13 mll USD para asegurar su aprovisionamiento. En Chile entran en contacto con Codelco y el Ministerio de Minería para asegurar el abastecimiento de Cu a largo plazo y proponen a principio de los 80 la creación de una empresa conjunta en Pekín. China designa la Fábrica de Cobre N°1 y Chile por su lado Madeco, que se instala allí un representante sin mucho entusiasmo, ella termina sus operaciones en los 90.

En los 80-90 el gobierno, la CNNC, CNIEC y otros contactan organismos internacionales de cooperación, PNUD, ONUDI, ADB etc., para formación de ingenieros, ejecutivos, asistencia en procedimientos de selección de tecnologías y de empresas con fundiciones y refinerías eficientes. Cientos de ingenieros, economistas, abogados y otros son enviados a capacitarse al extranjero (Japón, Corea, Australia, RU, Canadá, UE, etc.) en metalurgia, finanzas, comercio internacional, etc. Ello se acelera más afines de los 90 y más tarde con la adhesión de China a la Organización Mundial de Comercio (OMC) en 2001; la "China's attractiveness" (Chongguo xijin li) toma más fuerza aun, las empresas extranjeras buscan a instalarse o deslocalizar líneas de producción. Las leyes para inversiones extranjeras, instalación de bancos, tarifas aduaneras, propiedad intelectual y otros cambian por etapas, según objetivos del poder central y compromisos en la OMC. Las citas tomaban más de 3 meses con los departamentos autorizados y especializados del CCC; industriales, bancos y otros esperaban con paciencia china el día de la cita, valía la pena había mucho que ganar.

Entre 2000-15 se concretiza gran parte de la modernización de minas, fundiciones, refinerías, creación de complejos mineros mixtos e inserción de nuevas tecnologías. Así solo entre 2007-14 las capacidades de F pasan de 2 a más de 4 mill. ton., se desarrollaron 26 proyectos ligados a F, 7 de las cuales con capacidades de 830.000 ton., para tratar concentrados de Cu usando tecnología ISA/Ausmelt, 6 F de 1.7 mill.ton. con procesos Flash o doble flash, 4 F de 360 mil ton., con procesos bottom-blown y 6 F de 460.000 ton., con tecnologías side-blown. Estos dos últimos procesos de China más el Baiyin smelting procesos son de más en más utilizados en F no solo en el país sino también en otros países. Con nuevos conocimientos, innovación y dominio de los últimos procesos de tratamiento, refinación, recuperación de subproductos y procesos de reciclado, los ejecutivos, direcciones de empresas y de regiones se sienten más seguros de ellos mismos, comparados a su situación en los 80-90, lo cual les da más seguridad en las negociaciones y en la creación de empresas mixtas⁷. Es en ese mismo periodo que los ejecutivos chinos intensifican contactos con diversos productores de concentrados a fin de asegurar el aprovisionamiento en Cu. El programa de modernización amplia de F del país ya estaba en camino. El impacto de tales cambios en el mercado chino y mundial ha sido gigantesco; así del aumento global de capacidades en fundiciones en los últimos 20 años (1997-2017), 70% ha sido en China (Guajardo JC, 2018; Minería Chilena 2015-19).

Las reformas y cambios efectuados tanto a nivel de F-R, como del estado y macroeconómico han ido más allá de lo que muchos esperaban, incluso ellos mismos. De pasar de ser un país de entre los 50

⁶ Es interesante señalar que durante dicho periodo la emisión monetaria fue superior a la media y la inflación controlada, todo reposaba sobre la credibilidad del poder central, como hoy en día con la emisión de las bancas centrales de EEUU, Japón, RU y UE para contrabalancear los efectos de la pandemia.

⁷ Experiencia del autor acompañando delegaciones chinas. Desde los años 80 delegaciones chinas van en los meses de mayo -julio a comprar scrap o chatarra en Europa, el propósito es asegurar aprovisionamiento para F-R, crear stocks e influenciar sobre los precios posteriormente en octubre-diciembre cuando se reúnen en el China Smelter Purchase Team (CSPT). Las negociaciones son arduas similares a lo que hacían grupos de F-R japoneses anteriormente y algunas hoy en día.

menos avanzados industrialmente, él es actualmente uno de los primeros de los países en vías de desarrollo, con sectores altamente avanzados, semi conductores, telecomunicaciones, inteligencia artificial, construcción, paneles solares y otros. Lo cual está colocando a las industrias y países dominantes de la economía mundial, EEUU, UE, Japón en serias dificultades de poderío y de continuidad de las reglas del juego introducidas por ellos. Los avances de China han generado al mismo tiempo, mayor confianza entre sus ejecutivos e instituciones obligando a muchas empresas internacionales a adaptarse a sus condiciones. Es el caso en la determinación de precios y de cargas de tratamiento y refinamiento (CTCR) de F-R, como veremos más adelante; o la obligación a Glencore o Glen entre otras, una las más poderosas empresas mineras mundiales de concentrados de Cu, metales y comercio de “commodities” (inversiones en 50 países, emplea 150.000 personas). Glen, conocida por sus métodos agresivos, de eficiencia y problemas con gobiernos en varios países, fue obligada a someterse a las autoridades de competencia e instituciones chinas en 2013, una vez que adquiere Xstrata por 66 billones USD, uno de los líderes del mercado minero mundial, y pasar a ser con ello el 1er productor privado de concentrados de Cu en el mundo. El mensaje chino fue simple o algo así, 1) si desean desarrollar actividades en Chonguo (China), tienen que reducir sus activos o porcentaje en el mercado de concentrados de Cu, 2) garantizar el suministro y venta de 800.000 t/a de concentrados a F locales de manera permanente y a precio de mercado, tsie tsie (gracias). Glen se apuró a reducir sus activos y vendió La Bambas en Peru por 7 billones USD en 2014 a MMC (Minmetals Corp.), una minera del país del centro, subsidiaria de Guoxin International Investment y de CITIC Metals, ambas sugeridas por China.

La operación en el fondo fue win-win, ambos ganan, China fortifica su autoridad a quien sea en su mercado según sus reglas, intereses y prioridades y asegura su aprovisionamiento en concentrados. Glen conocida también como "TS" (the shark) entre amigos, se deshace de las Bambas, que ya tenía y tiene grandes problemas con la población local y las autoridades medio ambientales y asegura futuras actividades en China.

Entre paréntesis, la UE y otros países habían aceptado tranquilamente la posición dominante de Glen en el mercado de concentrados o algunos ni siquiera se habían dado cuenta. Al mismo tiempo que China afirma su autoridad crea la Ruta de la Seda, un programa de cooperación e inversión a nivel mundial; objetivo establecer lazos comerciales en áreas de interés para países participantes, facilitar el flujo de inversiones, mercancías y servicios, asegurar abastecimiento de materias primas, y diversificación de comercial. Así ha desarrollado importantes inversiones, exportaciones e importaciones en Asia, África, América Latina, EU, Europa del Este, EEUU y Australia.

En resumen, se puede decir que el proceso de cambio de régimen y enfoque de desarrollo, se llevó a cabo gradualmente y por faces, con líneas directoras claras tendiendo a la modernización e introducción de tecnologías avanzadas en todo el proceso de tratamiento de minerales, descentralización controlada, ejecutivos de confianza en áreas claves o prioritarias, subsidios, créditos blandos y largos, capacitación intensiva de ejecutivos en métodos y gestión de complejos mineros, incentivos para el desarrollo de empresas privadas, mixtas, aumento de investigación y desarrollo (I-D), inversiones y contratos de largo plazo para el abastecimiento en minerales.

China continuará a ser uno de los actores principales en el mercado del cobre en los próximos 20-30 años, pero progresivamente su tasa de crecimiento industrial disminuirá, (ya lo es comparado con décadas anteriores), para pasar a una economía con mayor peso de los servicios en su PIB, es decir menor uso de metales por unidad industrial producida. Ello implica a plazo, menor demanda, sobre capacidades de fundiciones y refineras, lo que va a llevar a cierres, deslocalizaciones a países mineros u otros y/o a guardar solo las más eficientes. Otro problema son los costos de producción que están en

En el caso de las F en Europa, ellas beneficiaron del fondo de reconversión y modernización de la UE y de capital privado. Con relación a costos más específicos, tales como mano de obra (MO), energía, mantenimiento y otros, podemos ver en la Fig. 2 que, las primeras 15 F del 1er cuartil, 11 son chinas. Ellas presentan costos de MO de 2.4 €/h o 3.2-3.8 USD/hora según un estudio llevado a cabo para la UE en 2015-16 (cuadro 2) bajo pedido de F-R europeas. Los costos de MO de F en China eran de 12 veces menos que en UE y 10 veces menos que en Chile (24.6 €/h o 32.6 US\$/h), (Boulamanti A & Moya JA, 2016), años después, en 2018 según Codelco y usando la relación MO/lb en c/lb, los costos de esta serían de 5 veces menores que las F nacionales con menores costos, 1.6 c/lb contra 8 c/lb en Chile. (Ecclefield. R. 2018). Ello representa en ambos casos, solo una parte del costo líquido neto (net cash cost, NCC) con 17.8% del total en China y 35.4% en Chile, lo que lleva a pensar que las F nacionales están con excesiva MO, lo cual contribuye entre otros, a reducir la productividad y márgenes por unidad producida. En la Fig. 2 Potrerillos (POT) muestra niveles más altos de MO que el resto de F estatales, pero todas a excepción de Caletones y Ventanas con niveles superiores a F de otros cuartiles. Ellas están con niveles de costos cercanos a las F europeas que están en un entorno mucho más caro, tienen que importar concentrados y anticipar costos de almacenaje de seguridad entre otros. Una de las razones sería que los salarios en las F son similares a los de mina, que en general son superiores al resto de la industria y la otra sería aumentos de MO y salarios en cada ciclo político. En cualquier caso, las F en China seguirán por un cierto tiempo, entre las con costos más bajos en MO, pero con un aumento importante que va a continuar en el futuro como en todo proceso de industrialización. Así en 2020 sus costos de MO en el sector industrial aumentaron de +81% a una media de 5.8-6.5 US\$/h según Statista un organismo especializado de la UE (Statistica, 2015-2022).

En referencia a las 3 F de Zambia (Fig.2), Chambishi, es la 5ª fundición con costos globales más bajos; ha sido reestructurada y recibido los últimos años una inversión de 830 Mill US\$ de China Nonferrous Metals Mining Corp. (CNMC) ⁹ para modernizar capacidades, gestión y aumentar la recuperación de cobalto (Co) y otros subproductos del Cu. Su costo de mano de obra es estimado a 5 US\$/d (3.8 €/h); después de huelgas en 2017-18 ellos pasaron a 7-10 USD/h más otros beneficios. Las otras 2 F, Nchanga y Mufulira poseen costos cercanos, pero con más altos en gastos de energía y mantenimiento. Igualmente, en este 1er cuartil, algo interesante a señalar, es el caso de la F japonesa, Saganoseki (450 mlt) que está como sabemos en un país caro, pero se sitúa entre las más eficientes y competitivas. Ella ha modernizado y automatizado en las últimas décadas, la mayor parte del proceso de producción ¹⁰. Tiene costos globales bajos en MO con respecto a F de otros cuartiles (Fig. 2) gracias a la automatización, pero ellos son más altos por empleado por su calificación y costo de vida del país. Sus gastos en energía y mantenimiento también son altos, pero proporcionalmente más bajos en varios casos que las 10 primeras F (Fig.2).

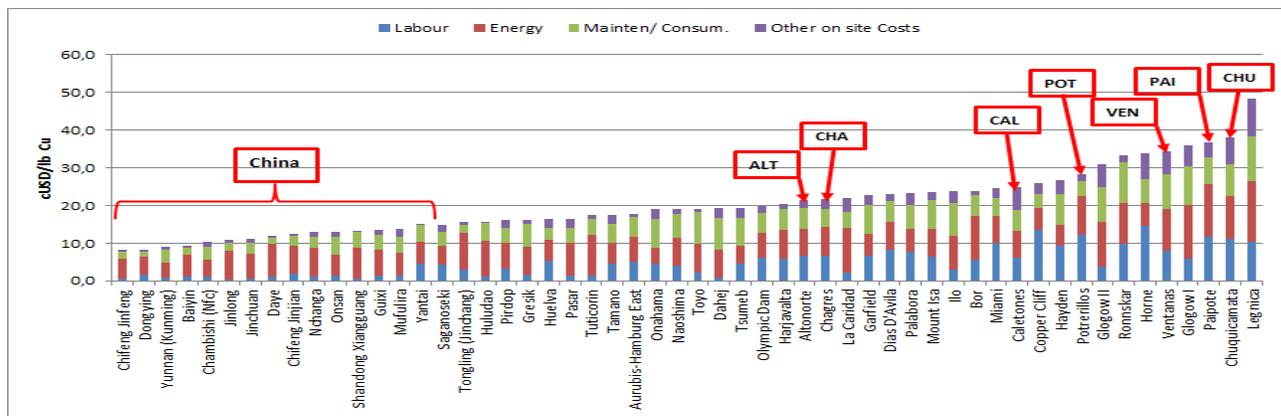
Casos no muy lejanos son lo de las F europeas, especialmente Huelva (320 mlt, Atlantic Cooper, Freeport-McMoRan) y las dos de Aurubis, en Hamburgo y Pirdop en Bulgaria, ambas con costos de energía altos e inferiores en Huelva, pero más altos en mano de obra. Las inversiones en modernización de esta última han sido constantes; solo entre 2014-18 fueron del orden de 152 mll euros y con 35-70 mll € posteriormente para introducir otras mejoras tecnológicas y de gestión en tratamiento de aguas, medio ambiente y uso de energía. Figura entre las más eficientes en el uso energético, uso de aguas y relaciones con su entorno¹¹; sus costos energéticos estarían proporcionalmente cercanos a los de Dongying, China (2ª, Fig.2) que trabaja en un entorno mucho más barato.

⁹ <https://www.fastmarkets.com/insights/cnmcs-zambian-copper-mine-begins-trial-operations-targets-252ktpy-copper-concs-output> ;

¹⁰ <https://www.mogroup.com/insights/blog/mining-and-metals/improvements-to-the-saganoseki-flash-smelting-furnace-operation/> ;
<https://www.mogroup.com/insights/blog/mining-and-metals/technical-improvements-of-tamano-flash-smelting-furnace-operation/>

En cuanto a costos de energía, ellos se sitúan a 30-35% de los gastos totales de fundiciones y refinерías según el estudio llevado a cabo para la UE (cuadro 2). El cobre 32 fundiciones y 34 refinерías de Cu o 72 % y 58% de la producción global de ánodos y cátodos de Cu respectivamente, incluyendo chatarra. Considerando solo F, los costos más bajos en electricidad, están en las F de Zambia seguido de las de la UE. En uso de combustible en general se encuentran en mejor posición las F de Chile con 512,2 €/t y Perú 552,4 €/t y costos más altos en las F europeas y chinas. En Chile el costo de combustible de las mejores F es de alrededor 12.3% del net cash cost o NCC (22,7 c/lb), mientras que China representa 23% de un costo de 9 c/lb (ref.18). Habrá que recordar que una parte de la energía que esta utiliza proviene del carbón, es decir con mayor emisión de carbono, su cambio hará aumentar los costos de sus F-R en primer momento.

Figura 2. Costos de operación estimados de 54 principales fundiciones de cobre en el mundo (cent US\$/lb 2013-14)



Fuente: Wood Mackenzie. Copper smelters statistics. 05.2015. J. Rayo. La Perspectiva Técnico- Económica de las Fundiciones Chilenas Foro de Voces Mineras. Hacia una estrategia nacional de fundiciones. Santiago 2018

En la utilización de concentrados para producir ánodos las mejores situadas son las F de la UE con un uso de 3,43 t concentrados para producir 1 tonelada de ánodos (t/t Cu ánodo), seguido de Zambia y Chile. Lo cual denota eficiencia en el uso de los equipos y tecnologías existentes en el primer caso; y buen uso de nuevas tecnologías y recuperación de subproductos en el caso de Zambia. Este y Chile también presentan créditos altos por la obtención de ácido sulfúrico, Zambia porque su industria está basada de preferencia en minerales oxidados y no sulfurados, y dispone de mercado interno para venta de ácido sulfúrico; de otro lado sus altos costos de exportación y transporte favorecen el mercado local. Chile y Perú están mejor que la media (cuadro 2) ya que obtienen el ácido desde metales sulfurados que son vendidos o transferidos a refinерías o empresas metalúrgicas. En Chile el crédito del ácido representa 30.4% del net cash cost (NCC). En cuanto a productividad, paradójicamente con un entorno y mano de obra alto, son las F de la UE las que presentan la productividad más alta por persona 489 t Cu ánodo/persona. Ello en gran parte gracias a una estricta preselección de concentrados y programación en el uso de equipos, control eficiente de gastos generales, capacitación o formación constante de mano de obra (MO) y empleados y ausencia por huelgas o vacíos mínimos en la producción. Su productividad en la producción de cátodos en las refinерías es similar, poseen la productividad más alta, 1877 t Cu cátodo/persona, lo que sobrepasa de 2.6 veces la productividad de las F chinas y de más de 3 veces las de Chile 585 y Perú 597 t Cu cátodo/persona. Los elementos nombrados y la larga experiencia en la organización y producción de refinados contribuyen en ello.

Otro elemento que se constata en varios estudios y foros sobre el mercado de F en Chile es que aquellas con costos más altos o que se encuentran en el último cuartil son empresas de Estado y/o tienen la actividad minera integrada, ellas serían menos competitivas que las empresas dedicando su actividad a 100% a la fundición o refinado. Así las F chilenas en promedio tienen costos de 3.3 veces más altos que las de China y 47% (+88 USD/t) que la media mundial (100 USD/t) como se ha señalado en líneas anteriores (§17), y se constata en las figuras 1 y 2. Si bien la F estatales tienen reputación de ser más rígidas, se ven también influenciadas por los ciclos políticos en sus presupuestos,

Cuadro 2. Precios de Energía, mano de obra y créditos en fundiciones y refineries de cobre en 2013

Región	Electricidad (EUR/MWh)	Gas Natural (EUR/MWh)	Combustible (EUR/t)	Ácido Sulfúrico (EUR/t)	Cátodo premium (EUR/t Cu cátodo)	Mano de Obra (EUR/h)	Concentrados (t/t Cu ánodo)	Productividad Cu ánodo/persona)
EU	58.9	35.6	648.0	24.1	28.0	28.4	3.43	489
China	60.6	23.9	610.5	9.3	35.6	2.4	4.05	261
Chile	105.9	62.3	512.2	57.8	-5.6	24.6	3.60	255
Perú	86.2		552.4	51.3	-56.2	14.4	3.89	403
Zambia	43.3		574.5	106.2	-28.9	3.8	3.53	297

Fuente: A. Boulamanti y JA. Moya, Production costs of non-ferrous metals in the EU and other countries: Copper and Zinc. Resources Policy N°49, 2016, Netherlands. Basado en Wood Mackenzie 2015. Global Copper smelter supply summary. March; Metals costs benchmarking tool: copper smelters and refineries and zinc smelters. Cuadro adaptado; N° en negrita, costos más bajos, créditos y productividad más altos. 1 euro =1,3268 USD en 2013

reclutamiento de dirigentes y personal; ello sería una realidad parcial ya que se está comparando F con inversiones en nuevas tecnologías con F que están produciendo con equipos obsoletos (+ 30 años) o un mínimo de inversión en modernización. Más aún si observamos un poco más allá, se verifica que las F fundiciones del 1er cuartil son en su gran mayoría estatales o con fuerte participación de gobiernos regionales, especialmente las de China (cuadro 1) y una parte de ellas están integradas a minas o refineries o con compromisos de compra de largo plazo. Al otro lado del espectro o cuartil menos competitivo (Fig. 1), tenemos que de las últimas 20 fundiciones hay 5 estatales de Chile, pero también hay 15 privadas de Canadá (Horne, Copper Cliff), EEUU (Hayden, Miami), Suecia (Ronnskar) o Polonia (3 pl). En el fondo no es solo cuestión de Estado, sino ausencia de inversiones en modernización tecnológica, formación constante de personal, métodos de gestión deficientes y contabilidad entre otros. En realidad, una F cercana a la mina, sea este privada o estatal, tiene menos costos de transporte, menos emisión de carbono al enviar concentrados a otro continente, menos costos de almacenaje (recordemos que el aprovisionamiento es algo vital para las F) y menos gastos en mercados de futuros si no dispone de acuerdos de compra de largo plazo con la mina. De otro lado, bien programado, nada impide a la F de aprovisionarse ante otras empresas, países o facturar CT a su proveedor local o dueño. El todo es un problema de definición de resultados-costos independientes, gestión eficiente y autónoma, contabilidad separada, coordinación y flexibilidad entre ellos. Con los métodos de la economía digital y la inteligencia artificial (IA) tales actividades han visto aumentar su eficiencia tanto en la mina como en las F-R.

Si bien el costo promedio mundial es importante y una referencia clave para actividades futuras; la productividad por unidad producida o unidad monetaria invertida es también importante, pero más aún es el beneficio o margen por unidad y/o proceso después de impuestos y pago de reembolsos¹². En este

¹² Varios estudios de F, aplican net cash cost, una variante del EBITDA (earnings before interest, taxes, depreciation, amortization), en tal sentido la aplicación del EBIT que incluye depreciación y amortización sería más adecuado, pero incluyendo intereses e impuestos reflejaría una realidad más cercana de competencia. Segmentar la

sentido el mercado de F es aún gris, con información limitada sobre todo a grandes empresas. Muchas F con costos sobre la media mundial, no trabajan a pérdida, tienen tasas de reembolso bajas y largas y compromisos de compra de largo plazo, lo que permite de cubrir costos y generar márgenes cercanos a la media de su mercado, pero no mundial. De otro lado ciertas F reciben subsidios en energía o créditos baratos de autoridades regionales. En este sentido y en transparencia las F del "país del centro" (China), si bien han avanzado bastante y desde muy lejos, les queda aún un buen camino a recorrer.

Así, por ejemplo, Dongying Fangyuan, una de las F privadas más importantes de China, citada como referencia y considerada con uno de los costos más bajos en el mercado mundial (N°2, Fig.2); cayó en bancarrota oficialmente el año pasado (2021) (Fastmarkets 2021). Estaba luchando para no salir a la luz o evitar ello y clarificar su situación desde 2017. Deudas muy altas con 5 bancos nacionales importantes, con Everbright, un grupo bancario de H. Kong también con serios problemas de reembolso, con 15 bancos extranjeros, auditorías "retardadas", gastos y mano de obra (3200 pers.) desproporcionados, baja productividad, gestión deficiente, etc. la llevaron a la bancarrota. Actualmente está llevando a cabo una seria reestructuración y negociando contratos de largo plazo con organizaciones estatales y privadas para asegurar créditos y pagos. Existen otras F con situación no muy clara en lo cual las autoridades locales están tratando de colocar orden. Es el caso de 5 F pequeñas, Top-Eastern Copper en Liaoning, Jinshui Copper y Kaitong Group en Yunnan, Laizhou Fangtai en Shandong, y Zhongqi Copper en la región de Xinjiang, que cerraron en 2018, porque no alcanzaban a generar suficientes márgenes, además las CTCR eran muy bajas (40USD/t) y las nuevas reglas anti-polución no fueron tomadas muy en serio. Las capacidades de las F nombradas en conjunto suman 375.000 ton en fundición y 1.5 mll t/a en concentrados (Fastmarkets 2019), lo cual es poco para la dimensión del mercado chino, pero refleja de otro lado la transparencia relativa del sector.

La sobre dimensión de MO, es típico de economías que recién han entrado a la economía de mercado, con entes de Estado rígidas, donde el empleo no siempre ha sido función de la calidad técnica, sino también política o social y donde las autoridades regionales o centrales juegan un rol importante en ello. También lo tenemos en economías en desarrollo o mineras donde el Estado en cada ciclo político aumenta o reduce personal, se actúa en función del corto plazo y se invierte poco en modernización o I-D (Investigación y Desarrollo), de ahí en parte la baja productividad; casos Chile, Perú, Zambia o RD. Congo. Con relación a actividades integradas, mina, F-R, se observa que una parte de empresas tienen una contabilidad común, antigua, rígida, donde los gastos y beneficios no están divididos por centros o unidades que trabajan en función de costos-resultados específicos, los ejecutivos tienen que cubrir varias actividades fuera de sus marcos de competencia, gastos o pérdidas en una actividad son contabilizados en toda la cadena de producción. Así en el caso de reducción de tenor del yacimiento, las pérdidas o gastos más elevados son o pueden ser cubiertos por otras unidades y divididos en el conjunto, ídem para electricidad y otros. En el fondo ello refleja una gestión ineficiente, las medidas que se toman para resolver problemas son en urgencia, de parche o temporarias sin atacar de fondo el problema. En varios países, el inconveniente no es técnico, ello va más allá a decisores políticos que han fijado otros objetivos no relacionados a F y no autorizan presupuestos de modernización.

En resumen, se constata que los países y fundiciones con menores costos y mayor competitividad son aquellos en que han modernizado sus F, han llevado a cabo cambios en la gestión de sus actividades y formación constante de su personal. En este último caso son las F europeas que muestran una mayor

productividad, seguido de una nueva F en Perú. En costos son las F chinas y de Zambia, ambas en un entorno barato de mano de obra, aunque este tiende a aumentar sensiblemente. Las menos competitivas son las F en Chile que han invertido poco en nuevas tecnologías, formación y nuevos métodos de gestión. En el último cuartal también se encuentran F privadas y de estado, siendo más numerosas las primeras y en el primer cuartal las más competitivas ambas, las estatales y privadas; el todo reside en modernización, formación y gestión eficiente no solo a nivel de empresas sino también institucional o políticas de Estado.

3. Medio Ambiente y Cambio Climático

Otro elemento que ha jugado en el incremento de costos es el aumento de la importancia de medio ambiente (MA) y cambio climático (CC) en la sociedad civil y economía mundial, lo que ha llevado a la mayor parte de sectores industriales a invertir en modernización de sus procesos de producción, gestión y organización de negocios. Así, los principales importadores de concentrados de Cu de Japón, UE, Corea, China, y otros, han establecido niveles y condiciones de compra más estrictas y penalidades más altas. para sus fundiciones y/o refinерías. Los dos primeros lo han hecho con anterioridad y de manera constante, uno por encontrarse en mercados exigentes y sociedades sensible al MA y dos porque sus ejecutivos sienten o están de acuerdo con dichas exigencias. En el caso del "país del centro" la introducción de nuevas tecnologías, los problemas de salud en áreas con alta densidad de población y las exigencias del poder central a establecer estándares más altos, llevaron también a nivelar estos a niveles cercanos a los dos primeros, sobre todo con el decreto N°40 sobre las condiciones de acceso para las F de Cu de 2006, actualizado en 2013 y posteriormente para chatarra y otros productos. Se constata igualmente, que la introducción de tecnologías menos poluentes, no es suficiente sino va acompañado de buena formación, gestión eficiente y regulación institucional clara y consensuada.

Así F-R en países industriales y asiáticos producen en un entorno con leyes más rigurosas, para la captura de dióxido de azufre (SO₂), arsénico (As), y otros elementos nocivos para la salud y medio ambiente. La Fig. 3 muestra en el primer cuartil las F que capturan azufre sobre la media aceptable en el mercado de 96.4%, aunque algunas con procesos más avanzados capturan entre 98.5% y 99.9% de azufre, entre ellas las asiáticas y 2 europeas, Huelva y Aurubis. En la media las F Japonesas son las más eficientes, capturan 99% o más de SO₂, las de Alemania 98.5%, China 98% y en Chile 95% (Pérez K, Toro N, Gálvez E, Robles P, Wilson R, Navarra A.). A excepción de la F de Chagres (Anglo América) que se encuentra en el décimo lugar del 1er cuartil, el resto de F de Chile, Perú (Ilo), Brasil (Días d'Avila) y México (La Caridad) están en el último cuartil, con Ventanas y Alto Norte (Glencore), ligeramente mejor, en el límite del 3er y 4° cuartil. En ello, en general en la región latinoamericana, hay mucho de deficiencia en equipos de procesamiento, de gestión y de presupuestos muy limitados. Incluso a veces se ha considerado de situar tales F en zonas con poca población a fin de protegerlas de emisiones y evitar inversiones enormes en equipos, no es lo dominante ni la solución de fondo, pero se repite frecuentemente y denota una cierta mentalidad en la industria e instituciones, no abordar el problema a la raíz.

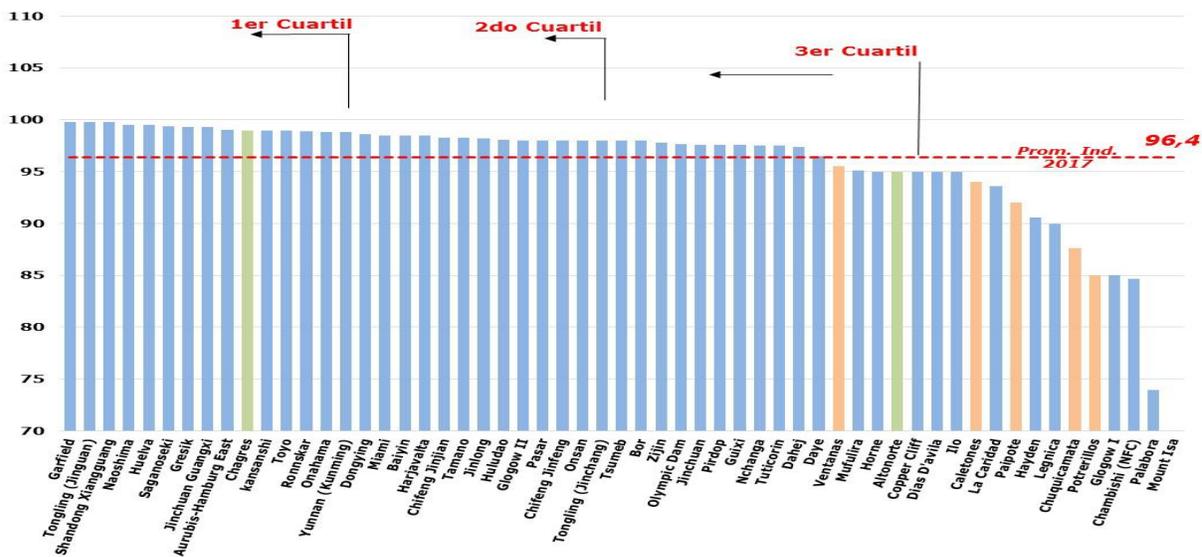
Varias fundiciones en la UE y Japón están ubicadas en zonas urbanas con alta densidad de población, lo que ha incitado a invertir más aun en sistemas anti-polución. Es el caso de Aurubis en Hamburgo, 2453 hab/km², Saganoseki 952 hab/km², o Tamano 104 hab/km² en Japón; que comparadas con las F situadas en o en las cercanías de Copiapó, Calama o Antofagasta con 10.5, 11.4 y 11.6 hab/km² respectivamente, presentan mejor captura de emisiones y una densidad de población mucho más alta. Ello merece que pensemos de otra manera y consideremos no solo márgenes sino también salud del entorno, bienestar social y largo plazo. Las tres F nombradas presentan buena (Aurubis) y moderada calidad de aire según

Aqicn¹³ un organismo independiente que mide la calidad de ello en cientos de ciudades del mundo. Ellas muestran también buena calidad de aguas, suelos, control de relaves y estándares de calidad entre otras.

En EU con la Directiva de Emisiones Industriales (DEI o IED 2010/75/EU) actualiza en 2010 las recomendaciones de años precedentes y establece después de consultaciones con la industria minera y metalúrgica la utilización de "Best available techniques" (BAT) para la reducción de emisiones de productos nocivos de aire, polvos, agua, desechos, uso de materias primas, energía etc. La directiva sugiere de considerar la protección del medio ambiente en su totalidad o concepción más amplia e incluye en ello los costos y beneficios de empresas y entorno (ECI, 2019; EU 2016). En el caso del Cu se constata que sus emisiones de aguas se han reducido de 43% entre 2007-2017 y las de polvo de 54% en 2008-2017, siendo la planta de Huelva (Esp) la que ha mostrado una de las reducciones más significativas, menos 74% (2004-14) gracias a la introducción de filtros antipolvo de alta eficiencia.

En el caso de aguas, la inversión en una planta de tratamiento de aguas de lluvias en Pirdop (Bul. Aurubis) redujo las emisiones de Cu hacia estas de 90% en 2013-15. (ECI 2019). En las 2 últimas décadas Aurubis ha invertido 730 mln de euros en mejoras MA, 300 ml € en Hamburgo y 85 mln € en tecnología de Reducción de Emisiones Difusas o RDE, que es un sistema se filtros ultrafinos para reducir las emisiones de polvo.

Figura 3. Eficiencia en captura de Azufre en 2017 (en %)



Fuente: Cochilco basado en información de Wood Mackenzie, Q2 2018

Aurubis (Ge) ha establecido una política de inversión constantemente, adecuando sus F al desarrollo tecnológico, lo que ha generado un estándar medioambiental de primer nivel. Así ha introducido certificaciones ISO 9001 (gestión de sistemas de calidad) en 16 de sus filiales en Europa, más la Buffalo en EEUU; 14 de ellas disponen también de ISO 14001 (sistemas de gestión de medio ambiente), 7 están certificadas con ISO 45001 (gestión de sistemas de seguridad del trabajo) y 9 con ISO 50001 (estandartes para sistemas de gestión de energía). Además, ha reducido sus emisiones de aire de la producción de Cu de 21% en 2020 con respecto a 2012, sobrepasando la meta inicial de 15%. Con relación a las contaminaciones metálicas de aguas, logro reducir de 63% entre 2012-20, en lugar de 50% inicialmente planificado (Arubis, 2021, Avrconsultores, 2022).

¹³ <https://aqicn.org/city/germany/hamburg/sternschanze/>

Todo ello no solo denota inversión y reducción temporaria de beneficios, sino también pensar el largo plazo, y compromiso social de sus dirigentes y accionistas con relación a la calidad del entorno, salud, nivel de vida de sus empleados y reputación de la empresa. Caso similar, pero con objetivos diferentes son el de las fundiciones de Tamano y Saganoseki (Japón), ambas forman parte de JX Nippon Mining & Metals Group, que, en línea con los compromisos de Japón en el Acuerdo de París de la COP21, apunta a reducir sus emisiones de CO₂ de 18% en 2030 con respecto a 1990, dispone igualmente de objetivos a nivel de desechos, aguas, SO₂, energía y otros. Actualmente la mayor parte de sus 16 filiales en Japón y las 8 en el extranjero están certificadas ISO 14001 y presentan auditorias periódicas de su implementación (NMM Group, 2020).

En el caso de las F en China, el poder central fijo límites hasta 0.01 % de mercurio (Hg) permitido en importaciones de concentrados, 0.05% de Cadmio (Cd), 0.1 % de fierro (Fe), 0.5% de arsénico (As) y 6 % de plomo (Pb) (Risopatron 2018, MIIT-PRC), pero lo permitido en el mercado interno en emisiones es de 0.012% mg/m³ de Hg, 0.4 mg/m³ de As y 0.7 mg/m³ de Pb, es decir 10 veces menos en este último caso. Los materiales importados que sobrepasan lo autorizado, fuera de ser penalizados y pagados menos, son canalizados hacia "áreas administrativas especiales" (AAE) para ser mezclados (blending) y reducir su porcentaje a límites autorizados antes de llegar a su destino final. Es el caso de la planta de mezcla de concentrados complejos de Fujian Ningde que se encuentra cercana a un puerto y se estima a una capacidad actual de 400.000 t/a contra 200 ml/y en 2018 según el ICSG. Las AAE surgieron después de amplias discusiones de las F-R con el poder regional y central para evitar interrupciones de aprovisionamiento y producción. Al mismo tiempo en 2015-17 se permitió un aumento de importaciones de Cu Scrap o chatarra (2.400 mil. ton en 2017) para después en 2018 solo permitir importaciones de chatarra de alta calidad (Scrap N°1, Grade A, etc.) y con impurezas menores a 1%. Ello afectó a una serie de exportadores de chatarra al mercado chino de EEUU, Europa, Australia, Japón, Filipinas y de Hong Kong entre otros.

En resumen, se constata que las F-R que capturan más emisiones y que han tenido mejor relación con el medio ambiente y el entorno son las F-R, de Japón y UE en las cuales existe una legislación que se ha modernizado constantemente y diseñada en estrecha consulta con el sector, una mentalidad entre los ejecutivos de F-R de mejora del entorno en todos sus aspectos, inversiones y capacitación periódicas. Las F chinas tienen un cierto retraso en ello, pero la modernización y aplicación estricta de leyes relacionadas creadas por el poder central, han hecho que ellas consideren de en más en más el medio ambiente y al mismo tiempo busquen medios para reestructurarse. Las F latinoamericanas han hecho un cierto esfuerzo, pero en general están bajo la media, por las mentalidades existentes de ejecutivos y decisores políticos con relación al MA, presupuestos estrechos, accionar con horizontes de corto plazo y legislaciones débilmente modernizadas y/o aplicadas.

4. Chile situación, desafíos y perspectivas.

Elementos para una política de fundiciones e integración vertical

En el caso chileno con relación al medio ambiente (MA) y emisiones de carbono, las instituciones e industria minera nacional han tomado importantes decisiones estos últimos años, y se nota un fuerte deseo de generar una minería verde a diversos niveles, sobre todo en la nueva generación de ejecutivos, y que el país sea un ejemplo en el futuro. Chile posee el potencial para ello con condiciones para el desarrollo de la energía solar, hidráulica, eólica, recuperación de relaves, chatarra y personal técnico altamente calificado, pero durante mucho tiempo ello ha sido dejado de lado por las instituciones, industria y ausencia de voluntad y políticas públicas más activas, por otras urgencias de corto plazo. Con respecto al MA, él ha sido como no prioritarios por el sector por mucho tiempo. Sin embargo, el contexto internacional y el mercado han llevado a tomar medidas adecuadas, aunque en muchos casos no de fondo. Tal situación se intenta mejorar con las recomendaciones de la nueva política nacional minera 2050 (PNM

2050) iniciada en 2018 y a implementarla por etapas desde 2022. Tal iniciativa y pensar el largo plazo, ya es algo más que importante en un país minero acostumbrado al corto plazo.

Con relación al medio ambiente, las 7 fundiciones nacionales poseen una capacidad de 1.7 mil. ton., de lo cual 490.000t son privadas; Chagres y Alto Norte. Entre 2003-13 se invirtieron 121 Mil por año en las 5 F estatales en aspectos relacionados al MA, lo cual es poco comparado con las exigencias del mercado; ello aumento después del Decreto de ley N°28 (DL28) del Ministerio de Medio Ambiente en 2013, que exigía niveles más altos en la captura de arsénico, mercurio, material particulado (MP) y dióxido de azufre. El límite para este último es 95% y al cabo de 5 años, en 2018 un 98% de captura (Terrazas, P, 2018). La meta era moderada, ya en ese periodo la captura era de más de 97% en el mercado mundial y los niveles son más bajos que los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Environmental Protection Agency (EPA, EEUU) o de Japón. Entre 2014-18 se invirtieron cerca de 2204 Mil USD en las 4 F de Codelco, 58 Mil USD en HVL de Enami que planifica invertir 611 Mil USD adicionales antes de 2023. Las privadas Alto Norte y Chagres invirtieron 100 y 70.5 Mil USD respectivamente para cumplir con el decreto. De esta manera ya en 2017, tres F cumplían con los límites estipulados en el DL28, Altonorte con captura de 97% de SO₂ y 92% de As, Chagres con 98% de SO₂ y 95.54% de As; Ventanas donde Codelco invirtió 159 Mil USD, captura 95% de SO₂ y 94.7% de As, pero aún sigue con problemas de emisiones importantes. A fines de 2018 las 4 F restantes aun no podían cumplir con el DL28 (Minería Chilena 2019) y se estima que si no se invierte montos adicionales tendrían que cerrar, así como Ventanas que está en primera línea.

Viendo ello desde un ángulo más general, se puede también señalar que entre 2011-20 las emisiones directas de CO₂ de todas las F se han reducido de 22% según Cochilco (menos 116 mlt CO₂ equivalente), sin embargo, las refinerías aumentaron de +73% pero las emisiones indirectas (uso de electricidad) disminuyeron de 41% (Cochilco 2021). Es decir, un balance de +10% de emisiones. Sin embargo, incluyendo todo el sector minero las emisiones directas de CO₂ aumentaron de +39.5% entre 2011-20 y las indirectas disminuyeron de 15%, pero las minas a tajo abierto casi doblaron sus emisiones en dicho periodo. Tal situación en general muestra importantes esfuerzos, pero no lo suficiente como para estar en la 1ra liga de la minería verde. La PNM 2050 encamina en la buena dirección, pero como ven aún hay mucho camino por recorrer y quizás más a nivel institucional o político que técnico, que lo que determina la política a seguir.

La situación en Chile al respecto es interesante por el rol que tiene en el mercado mundial y de otro lado controvertida y quizás patética por el atraso y la ausencia de inversiones de fondo en modernización del aparato de producción de F-R y eso no solo a nivel de medio ambiente sino más allá como se ha observado en las páginas anteriores. Ello es en parte debido a la "China's attractiveness" que llevo a diferentes direcciones en ministerios y gran minería a crear condiciones y a preferir el corto plazo y la venta de concentrados en lugar de incentivar la industrialización y producir más ánodos, cátodos o semis de Cu, donde hay otro tipo de valor agregado, otro mercado más industrial y complejo. Ello en parte tenía su racionalidad, es en concentrados donde las márgenes son las más altas y los procesos de producción menos sofisticados y más poluentes; más aún hace 3 décadas, surgía el mercado chino en camino de explotar y la imagen de Chile no era la mejor. De ahí en parte la creación de un código de inversiones atractivo para las mineras y las decisiones de altos ejecutivos de Estado de no invertir en F-R donde el EBITA/ventas eran mucho menores ¹⁴, 17-20 veces menos con relación a concentrados según un interesante estudio de Cepal-GIZ en 2021. El muestra que para el periodo 2019-20 según los informes anuales de 40 empresas mineras, fundiciones, semi-manufacturas, y otras como Google, Apple, Volvo,

¹⁴. EBITDA (Earnings before interest, depreciation, taxes & amortization) incluye ganancias, pero no interés, impuestos, depreciación, y amortización. EBIT incluye los dos últimos, pero no interés e impuestos. Es más adecuado, pero la rentabilidad sería más visible si se incluye tasas de interés e impuestos. Se puede señalar que entre las razones de altas tasas de retorno en productores de concentrados privados figuran: economías de escala altas, amortización acelerada, débil inversión en I-D, MA y formación. Del conjunto de industrias mundiales es la que posee uno de los más bajos gastos en I-D y un débil volumen de patentes registradas. El objetivo central de la minera es rentabilizar rápidamente e invertir en otro país o yacimiento con mayor tenor y riesgo país débil.

Toyota, Tesla y otros, los productores de concentrados se encontraban entre las 10 primeras en cuanto a la relación EBITDA/ventas, así las 4 primeras Antamina, Los Pelambres, Collahuasi, y Grasberg presentan un índice entre 0.54 - 0.82 mientras que las F-R de Atlantic Copper (Esp.) y de Aurubis de Alemania, Bélgica y Bulgaria muestran un índice de 0.027 y 0.047 respectivamente, es decir 17-20 inferiores. Si se considera las semi manufactureras, Nexans (Fr), LS Cable Systems (C.Sur), Ningbo Jintian o Zhejiang Hailiang de China, el índice EBITDA/ventas según el estudio (pag.48), muestra que estas presentan valores de 14-23 inferiores a los primeros productores de concentrados de Cu.

Figura 4. Cocientes EBIT/Ingresos en 40 empresas mineras e industriales en 2019-2020



Fuente: CEPAL-GIZ, 2021. G. Lagos, D. Peters, J.C. Salas, R. Parra, V. Pérez, Análisis económico de las cadenas de globales de valor y suministro del cobre refinados en países de América Latina (pag. 49). Santiago, Chile

La relación cambia, aunque no en el fondo si se considera la relación EBIT/ventas (Figura 4). Las mineras bajan de un poco más de dos puntos, pero continúan entre las 10 primeras en el índice, mientras que el resto mejora relativamente su posición. El EBIT es más adecuado ya que incluye depreciación y amortización que afectan las industrias intensivas en capital como la minera; sin embargo, en varios casos, según país, benefician de condiciones legales para aplicar una amortización acelerada. Sería más conveniente incluir en EBIT interés e impuestos que es lo que reciben después de pagos de ello, los detentores de acciones. En la media a nivel global estas generan un rendimiento de 8.5-20%/a según industria o mercado.

En general, las industrias extractivas invierten poco en I-D, muestran bajo registro de patentes, y bajos niveles de inversión MA y formación, contrario al resto de industrias más creadoras de nuevos productos, presentan mayor numero de patentes y licencias, son más intensivas en MO calificada, I-D y menos en capital. Aunque esto ultimo es relativo ya que invierte más en formación y es ella la que introduce nuevos conocimientos y cambia la manera de funcionar del mercado y de la sociedad.

Las inversiones en F-R son altas, aunque menos que en concentrados, los procesos más complejos y las tasas de retorno más bajas. El todo funciona un cierto tiempo, pero ya en las dos últimas décadas los aspectos industriales y medio ambientales tomaron más importancia en la minería sobre todo en los importadores de concentrados, lo cual llevo a aumentar las cargas de tratamiento en un primer momento para posteriormente pasar tales costos a exportadores de estos.

Ello, más el cambio de mentalidad y toma de conciencia en Chile de una nueva generación de decisores políticos y ejecutivos del sector estatal y minero, que incluyen en sus reflexiones no solo medio ambiente sino también otro desarrollo industrial para el país que va más allá de los concentrados. Tal aspecto

repite frecuentemente, ya en 2015 (Pol. Minera 11.08.15), la necesidad de una política país al respecto, mayor diversificación y de disminuir el riesgo país con F-R modernas que crean más flexibilidad con la recuperación de subproductos. A ello se agrega el aumento de la presencia de F Chinas en el segmento de la pirometalurgia. El pensar el largo plazo, y las implicaciones ambientales a nivel de diferentes direcciones, incito a autorizar y aumentar, aunque de manera tímida en la mejora de equipos. A ello se agrega de más en más en las discusiones el aumento del poder de China en el mercado, la determinación de CTCR, su dependencia ("China's trap") y de ahí la necesidad de diversificación y de pensar otro tipo de inversión y regulación para el país.

La situación en el fondo muestra decisiones si bien importantes, miradas desde otro ángulo son deficientes tanto a nivel micro que macroeconómico. De un lado se creyó mucho en el corto plazo y en un solo mercado (China, 63% de exportaciones de concentrados, 2020), al cual, entre otras al asegurarle aprovisionamiento se le ayudo a rentabilizar sus inversiones, a crecer y fortificarse; él es el que establece actualmente un gran parte de las reglas del juego. De otro lado un Estado pasivo, una cierta visión o mentalidad de rentista y el creer de manera "inocente" en el todo mercado, limito las inversiones en modernización de la gran minería estatal y dejo de lado F-R, uno de los elementos claves para acelerar la industrialización de todo país minero. Así, según la PNM 2050, el peso institucional del Ministerio de Minería, principal contribuyente al presupuesto nacional es débil a nivel de gobierno central y parlamentario y la coordinación entre instituciones (Min. Economía, Medio Ambiente, etc.) esporádica y débil. El y los entes que dependen de él (Cochilco, Sernageomin etc.) funcionan con reglas institucionales de hace 40-60 años y han sido débilmente actualizadas en una sociedad y mercado que cambian rápidamente, hacia otra economía y con nuevos parámetros.

Codelco por su parte, principal contribuyente al presupuesto nacional necesita, mínimo inversiones de 35-45 mill USD en los próximos 10 años para modernización y colocar su potencial en valor (70-90 ml mill. USD según otras fuentes y cartera de proyectos), pero tiene que negociar ello con Hacienda cada año, lo cual le dificulta posicionarse a largo plazo como los hacen las empresas privadas del sector, que invierten 30-40% de sus ganancias en modernización, nuevas actividades, mercados, gestión y exploración de nuevos yacimientos o países y otros. Disponiendo de un índice Ebitda y Ebit/ventas alto (0.37 y 0.2 respectivamente en 2020), Codelco en los últimos 20 años con dificultad ha reinvertido solo 8-10% de sus utilidades. Más aún, debe pagar, independientemente de la situación del mercado, 10% de sus ventas, ventas no márgenes, a la exportación para financiamiento de la defensa nacional, lo cual debe ser parte del impuesto de todo contribuyente; además ella tiene que pagar el impuesto de 1ra categoría de 27% y un 40% como impuesto de empresas estatales (DL 2.398 de 1978), más aún, los últimos 15 años ha sido obligada a entregar al Estado 92% de sus utilidades después de impuestos (Jara Donoso, 2021, Hernández S, 2020, La Tercera 2016, Dec 22.)¹⁵. Las últimas décadas si Codelco deseaba modernizar o invertir, la sugerencia de Hacienda o Presidencia u otros era emitir bonos, conclusión la empresa tiene una deuda de más de 18.000 mll USD al 04.2022 y de seguir así las agencias de notación bajaran su calidad en el mercado, lo implica obtención de préstamos más caros.

Ello y la situación descrita anteriormente, pareciera llegada de otra dimensión o planeta, de ahí en gran parte la baja inversión en modernización de fondo en F-R, gestión, formación y otros, creando al mismo tiempo una cierta visión corto placista, impotencia y "conformismo" en diversas direcciones y departamentos. Ciertos en la sociedad civil que consideran que el "sueldo de Chile" es más que nada la "deuda de los chilenos" y se dicen para que producir Cu si estamos a perdida, vender ello sería la solución, no es lo dominante, ni tampoco el de nacionalizar toda la minería que es el otro extremo; en

¹⁵ <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2019/07/24/se-deroga-la-ley-reservada-del-cobre-congreso-despacha-a-ley-el-nuevo-sistema-de-financiamiento-para-las-ffaa/>; Diario Oficial Ley N° 20.977, exime la Ley Reservada del Cobre. N° 13.196; Deja contribuciones por 12 años más; <http://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2016/09/02/por-que-el-gobierno-no-quiere-cambiar-la-ley-reservada-del-cobre/>

todo caso la situación de Codelco es un problema importante por resolver y ello es más que nada de orden político y es de largo plazo que técnico.

De seguir tal situación en la gran minería estatal, las 3 o 4 F que disponen de equipos obsoletos y no alcanzan a capturar las emisiones requeridas tendrían que cerrar o ser privatizadas y Codelco continuar a exportar concentrados pagando las penalidades correspondientes, perdiendo ingresos por la diferencia de precio entre concentrados y refinados y por la recuperación de subproductos. Entre 2010-2020 según estadísticas de Cochilco 2020, la diferencia promedio de pagos por concentrados exportados por todo el sector minero era menos 6.2%/t (-414 USD/t) con respecto a tonelada de refinados exportados (Cuadro 3). A nivel de exportaciones solo de Codelco ello era menos 34%/t (-2583 USD/t) y si se considera solo el sector privado, este exporto concentrados a precios promedio más altos que sus refinados, 6.148 contra 5.964 USD/t (+184 USD/ o +3%), lo cual es raro en el mercado, pero es de suponer que es debido a los volúmenes (23.8 mill. ton.) y a una adecuada negociación en los pagos de subproductos.

Recordemos qué en el periodo nombrado, el precio promedio de refinados en la Bolsa de Metales de Londres (BML) era de 6.701USD/t (303,950 USD/lb), es decir ligeramente superior a la de concentrados exportados y un poco más a la de refinados del sector privado (+737/USD/t). En cuanto a la estatal Codelco, ella presenta los mejores precios de exportación de refinados, superiores de más 11.8 % con respecto al precio de la BML (7.597 contra 6.701 USD/t) y superiores de 25.5 % a las del sector privado. Sin embargo, sus exportaciones de concentrados muestran valores inferiores (menos 1.134 USD/t) que la de los privados (cuadro 3).

Ante tal situación, con los más altos precios a la exportación de refinados y los más bajos en concentrados durante la última década, el lector puede pensar que hubiese sido más conveniente exportar solo refinados, es decir tendría que haber modernizado e incentivado las inversiones en F-R, en lugar de dar preferencia más a concentrados. Así si hipotéticamente los concentrados se convierten en refinados a exportar (4125.6 ml. t x 7.597 USD/t) el país tendría 31.342,2 millones de USD adicionales en las arcas fiscales. Incluso si se le quita 30% por procesos de refinación y otros, sería 21.939,5 ml USD, con solo 10-20% del monto restante las F-R estarían equipadas con las últimas tecnologías y el país con ingresos más importantes. Tal monto sería 5 veces superior si los concentrados del sector privado se exportasen como refinados a precios de la BML y de más 6 veces a precios de Codelco.

Cuadro 3. Promedio de Exportaciones de concentrados y refinados de cobre entre 2010-2020 (miles ton; millones USD)

	Exportaciones concentrados (mil tones)	Valor exportaciones (Mill. USD)	Precio Exp. concentrados (USD/ton)	Exportaciones Refinados (mil tones)	Valor exportaciones (Mill. USD)	Precio Exp. Refinados (USD/ton)	Diferencia precio concentrado y refinado (USD/t; %)
Chile	26.658,6*	167.842,6	6.296	28.321,3*	190.030,7	6.710	-414 USD/t (-6.2%)
Codelco	4.125,6	20.686,7	5.014	11.454,4	87.018,2	7.597	-2.583 USD/t (-34%)
Sector privado	23.797,7	146.303	6.148	15.273,5	91.097,4	5.964	+184 UD/t (+3%)

Nota: Precio promedio BML 2010-20 =303,950 USD/lb o **6.701 USD/t** ; * 1264.7 y 1593.4 mlt diferencia promedio del total Chile según fuente. Información no actualizada. **Fuente.** Cochilco. Anuario de Estadísticas del Cobre y Otros Minerales 2001-2020, Stgo 2021; <https://www.cochilco.cl:4040/boletin-web/pages/tabla20/buscar.jsf>

En el fondo se constata decisiones micro y macroeconómica ineficientes al darle prioridad solo a los concentrados, ausencia de modernización y aumento de deudas; quizás ello va más allá de Codelco, a Hacienda y altos mandos al no dar la autorización para invertir a tiempo en F-R y proponer endeudarse con emisión de bonos. Entre paréntesis, la última fundición se construyó en 1993, después de ello se han llevado a cabo mejoras parciales y MA (Comisión Presidencial, 2016), pero no de fondo ni de incentivos

a promover la inversión nacional o extranjera en ello. Modernizar F sea bajo régimen estatal o privado con el retraso existente implica cerrar total o parcialmente plantas por 3-7 años, comprar licencias o patentes, capacitar en nuevos métodos y parámetros, objetivos de gestión y otros. Tal como lo está haciendo y con atraso, la F privada Vendanta en India que no quería reducir sus beneficios ni invertir en solucionar los problemas MA y de salud de la población del entorno que generaban sus emisiones. Le tomo más de 6-8 años a ella y al gobierno indio a aceptar las protestas y otros y verse obligada a cerrar por 3 años e instalar nuevos equipos con las tecnologías más recientes.

El análisis del caso chileno es preliminar, el necesitaría un equipo pequeño para efectuar un estudio más detallado y del sector en general, como un análisis de contratos por año durante el periodo citado, precios declarados pagados por subproductos, penalidades por arsénico, plomo, aspectos macroeconómicos y otros. Cochilco y el Servicio Nacional de Aduanas (SNA) disponen de una buena banca de datos; el 1ro del Sistema de exportaciones mineras (SEM) y el 2do del Documento único de salida (DUS), pero no del personal suficiente para llevar a cabo ello ni del presupuesto conveniente para contratos externos ni tampoco para darle más transparencia en su plataforma a tal información. Hay unas 10-15 empresas o laboratorios acreditados ante aduanas para presentar certificados de análisis de subproductos pagables de concentrados de Cu, varias de ellas son de las propias empresas, pero a nuestro conocimiento no existe una lista neutra de laboratorios o no están presentes en la plataforma, para evaluar lo presentado de manera independiente como en otros países (UE, Canadá, EEUU etc.). Los certificados por ley cubren, sobre solo Cu, Au, y Ag que son los que presentan mayores porcentajes pagables por las F; los otros subproductos, platino, paladio, telurio, níquel, renio etc. Que vienen en cantidades pequeñas, variables, negociables o "no pagables" no son considerados. En muchos casos su valor es superior a la del Cu. A nivel legal ello ha quedado muy atrasado, las entes responsables tendrán que modernizarlo ya que como sabemos, la situación del mercado de metales y mundial ha cambiado bastante.

Recordemos que los precios de concentrados y las CTCR fluctúan en función de la conjuntura, precios de refinados y situación de F-R según mercado o país. Estos y contratos de venta se negocian cada año con las F, donde los contratos de largo plazo son la dominante en general, cercana a 80% contra 20% de ventas en el mercado de corto plazo o spot, aunque estos tienden a aumentar y llegaron a 30% en 2020, en el caso chileno. La mayor parte de exportaciones de concentrados nacionales van a F Chinas 53-63% entre 2018-20 (2248 mil. ton. 2021), seguido de Japón con 17-19% en el mismo periodo. Las primeras cobran cargas entre las más bajas a Chile, seguidos de Corea del Sur y Brasil; mientras que las más altas son las cobradas por F de Bulgaria, España e India, según un interesante estudio de Cochilco (Sánchez F, Roa C, Garay V, 2021). Dado los volúmenes, relaciones de largo plazo e interdependencia con las F del país del centro, ellas presentan las cargas más bajas, fijadas a 65 US\$/mt y 6.5 cents/lb en el 1er trimestre de 2022, sin embargo, conscientes de la prioridad nacional y de sus intereses, ellas se contactan a través de sus representantes en el Copper Smelters Purchase Team (CSPT), y se colocan de acuerdo el último trimestre de cada año sobre las bandas de CTCR a negociar con los exportadores en diciembre. Algo que practicaban también las F japonesas en los 70-80 y mucho menos actualmente. Entre paréntesis fueron entre las primeras que establecieron empresas mixtas con F chinas.

A manera de ejemplo, se considera que una tonelada seca de concentrado de 24% de Cu en el momento de la venta según cláusulas y relación exportador-importador es reducida de 1% o sea $(23\%/24\%) \times 100 = 95.83\%$ que sería el pago por una tonelada de concentrado una vez acordado el precio de refinado a aplicar. Para Au, Ag etc es lo mismo pero con reducciones diferentes según tonaje promedio presentado y reputación de la minera y muestras presentadas, ello puede ser menos 1.5%, 1.2%, 0.8% etc o en gr o puntos. Para la Ag idem, pero las reducciones diferentes en %, gramos o puntos, 200gr Ag/ton sec. menos 40 gr =160 gr a pagar y así según metal; Hay que incluir igualmente los pagos por CTCR, y las penalidades por arsénico, y otros. Todo el cálculo es largo, aunque en muchos casos el está ya en un algoritmo creado para tal propósito, es decir automatizado y las partes pueden efectuar varios escenarios

de negociación. Los pagos finales son generalmente entre el 3e y 4to mes, lo cual hay que actualizarlo y declararlo con los organismos de impuestos del país respectivo que no siempre se efectúa ni controla. En general participan en la determinación de precios de concentrados, cargas, penalidades, subproductos y otros, unas 30-50 personas contando los dos lados, exportadores mineros y fundiciones. De otro lado las autoridades competentes saben desde el momento que se autoriza una inversión el tipo de yacimiento y mina que se explota, es decir que tipo de mineral se extrae y su composición. La información es más accesible los últimos años, a salido del áreas de expertos, sin embargo aun falta claridad y transparencia para asegurar a decisores políticos y contribuyentes, que encuentran que las riquezas del país están saliendo sin pago.

En cuanto a información Codelco y Cochilco han mejorado bastante las últimas décadas, así según este el precio de una tonelada de Cu refinado en 2019 era inferior de más de 4 veces a la Mo y de 3 a la del Ni; la diferencia con el Au, Ag o Pt es aún mucho más significativa (Cochilco 2021, tab. 90-93). Aurubis, Sumitomo, Jiangxi Copper y otras F presentan información similar según importancia de mercado y llevan a cabo también análisis químicos detallados además de precios, así como las aduanas de sus países respectivos. En Chile, investigadores de la Universidad de Playa Ancha y A. Prat (Camus J, Aragon J, Lagos R, 2014), después de un análisis químico de sulfurados de Cu, barras anódicas y otros constatan no solamente los niveles de impurezas sino también la variedad de subproductos en concentrados y estiman precios de estos con relación al precio de 1 Kg de Cu en la BML, así muestran que el precio de 1 kg de telurio en 2014 (125.66 USD/kg Te) equivale al precio de 18,4 kg de Cu (6.83 USD/kg), el del platino (Pt) a 6317 kg de Cu, el Paladio (Pd) a 3891 y el Au a 5762 Kg de Cu respectivamente; aunque la diferencia de análisis sean de 6 años, no está lejos de las estadísticas de Cochilco.

Según Boliden (Sue. 2008) el ingreso de las F-R proviene en general de CTCR, 44%, subproductos 28%, metales libres 25% y 3% por premios (Soderstrom U, 2008). Los montos en 10 años han cambiado, así las cargas serían en los últimos años cercanas a 15-25% aunque ello depende de la situación del mercado, la tecnología de la F, gestión, costos de estocaje y otros. Pt o Te por ejemplo solo serían pagables si sobrepasan x cantidad de tonelada métrica seca (tms); ello es negociable como se indicó precedentemente, según volúmenes, calidad del yacimiento, cantidades vendidas anteriormente etc. Así si la tonelada presenta 0.8 gr/tms de Pt o más podría pagarse después de pasar por 2-3 laboratorios que confirman el monto, ello según contrato; si es 0.8 gr/tms por ejemplo se consideraría solo pagables 0.5 gr/tms; ello puede ser menos 0.1, 0.2, 0.3gr etc. depende de la negociación. Así con 100.000 tms vendidas serían pagables solo 50 kg de Pt (100.000 x 0.5) al precio del mercado de referencia acordado. Algunos mercados calculan en onzas para el Pt, Pd, Au, Ag, pero todos aplican después CTCR como en el metal principal.

Generalmente las F grandes tienen varios proveedores, ósea diferentes tipos de subproducto que no vienen con cantidades similares; para las F medianas o pequeñas es un problema mayor por la poca cantidad del subproducto; todas tienen que almacenar para obtener cantidades suficientes a procesar, lo cual en países industriales con alta densidad de población, el acopiar tiene un alto costo, por su lado el exportador debe secar el volumen a entregar y los fletes que tienen precios altos por el precio del petróleo y aumentan las emisiones de efecto de invernadero.

En relación con esto último, las emisiones y transporte de concentrados son más altas y caras que el transporte de refinados a países asiáticos, europeos y otros. Así, por ejemplo, el exportar concentrados a China implica un recorrido de más 20.000 km por barco, más 500 km desde el puerto a la F por camión u otro. Para la exportación de 1 mll tms serían unos 100 barcos (según tonelaje), más un sin número de camiones. Habría igualmente de tener en cuenta que el Cu contenido en el concentrado es entre 25-28% el resto siendo los subproductos, productos complejos o residuos con penalidades. El todo implicaría entre 4 -6 veces más de emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) que exportar cátodos. Ello sin

contar que una F en la costa china emite en la media 27% más de GEI que una localizada en el norte de Chile (Cesco, 2020, Voces Mineras, 2019, Streicher-Porte M. y Hans Jörg Althaus, 2010), donde las condiciones naturales facilitan más la utilización de energía solar y alternativas que en el país de centro.

Se estima según varios estudios y en diversos países que una F de 1 mll de toneladas, crearía 550-620 empleos calificados más 1400-2000 indirectos de proveedores de servicios, aprovisionamiento y otros (Rayo, 2018). Considerando lo anterior, CESL (Cominco Engineering Services Ltd) una filial de Teck Cominco Metals (Ca), llevo a cabo un estudio financiero en 2005 basado en su nuevo método hidrometalúrgico para procesar concentrados de Cu en metal y colocar en valor sus subproductos, Au, Ag, y Mo entre otros. El muestra las ventajas y desventajas de instalar una F cercana a la mina o en un país minero contra exportar concentrados a una F en otro país. Efectuá varias simulaciones para minas y F pequeñas y medianas y concluye que con una F de 100.000 toneladas (ejemplo) se generara una tasa interna de retorno (TIR) de inversión o IRR de 20%, se evitan los pagos por CTCR y transporte, se recuperan subproductos, se aprovecha más concentrados con bajo tenor y escorias y se evita al mismo tiempo el pago de penalidades por concentrados complejos (Barr G, Defreyne J, Jones R, R. Mean. 2005). El estudio ha atraído la atención en varios países entre ellos, China, India y Brasil. En este último CESL firmo un acuerdo en 2005 con CVRD para la creación de un prototipo de F-R para tratamiento de concentrados de Salobo y Alemão. Los estudios de Cesco y J. Rayo, con otro enfoque van en la misma dirección, aunque con un mayor volumen de tratamiento de concentrados (1.5 mll tons; costo 2-2.5 mll USD) y una TIR definida a 12%.

El estudio como los mencionados anteriormente si bien son más que importantes, dejan ausente los impactos macroeconómicos, fiscales y regionales. Sin embargo, él, así como los otros (Cepal-Giz, Cesco, Codelco, etc.) dejan entre ver que instalar una F en el país no solo es rentable, sino que necesario, ello también genera más valor agregado, recuperación de subproductos, crea empleos más especializados y de otra calidad, acercando al mismo tiempo al país a nivel de uno industrializado. Demas esta decir que el todo implica también otra calidad de vida en regiones mineras y mayores ingresos fiscales para ella y el país. Estudios macro y fiscales serían necesarios para mayor seguridad y para afinar políticas mineras.

Si se considera las reservas de Cu existentes en el país, 200 mill ton., al volumen de producción de los próximos 10 años de toda la minería, 6-6.8 mill. ton/a, habría ingresos para unos 29-33 años, pero si se sigue una impresión muy respandida "tenemos mucho cobre en Chile" y suponiendo que ello sea de 50% más, habría ingresos para unos 43 años más para una producción de 7 mill ton/a. En cualquier caso, como todo recurso no renovable, él Cu se acabará algún día, por lo tanto, es conveniente pensar ya el largo plazo y prever como utilizar los ingresos existentes para crear industrias y servicios que generen igual o mayor valor agregado e ingresos. Es decir, ir más allá de los concentrados y crear las condiciones para dejar industrias cuando no haya más reservas, así como lo hicieron los antiguos productores Alemania, Japón, Inglaterra, Suecia o Finlandia.

Chile lleva 200 años produciendo y exportando Cu, sobre todo concentrados, son 200 y no 50 años, y en todo ese periodo aún no se ha podido desarrollar una industria de refinados y semis del mismo nivel, como lo han hecho los países nombrados, o Australia, Canadá u otros. Todos se diversificaron y desarrollaron en unos 40-70 años, industrias de refinados, semi manufacturas, tecnologías y servicios ligados a la minería y otros sectores. Sus empresas Outokumpu (Fi), Boliden (Sue) o Sumitomo (Ja) por citar algunas, grandes productores estatales de concentrados en el pasado integraron F-R, y progresivamente pasaron a industrias más avanzadas y con potencial de mercado. Hoy en día, ellas y las ramas industriales creadas les dan una posición importante en el mercado como productores de tecnologías, equipos y servicios mineros, y con representación en Chile y otros países mineros. Además, ciertas de ellas, fueron compradas al Estado por sus empleados cuando los yacimientos estaban en vías de extinción. Otros estados crearon ramas tecnológicas parapúblicas para convertirlas en independientes

posteriormente, pero ligadas al estado en términos comerciales. El todo se realizó gracias a políticas públicas adecuadas y anticipación de problemas y situación del país sin mineral.

CRU o Wood Mackenzie líderes mundiales en servicios e información minera actualmente, fueron creadas por antiguos ejecutivos de la minería, aprovechando la situación líder de la industria europea y americana posteriormente, aprovecharon la renta de posición que les daba la lengua inglesa y fortificaron así su posición en el mercado de servicios, estudios y consultorías especializadas. Hoy en día venden más y mejor información sobre la industria minera mundial, Latinoamericana y chilena, que sus equivalentes en la región¹⁶. Algo de ello se desarrolla lentamente en Chile, sobre todo a nivel de estudios y servicios mineros locales y algo de regional, pero aún les falta incentivos y condiciones para posicionarse a otro nivel y en otros mercados. El país tiene el potencial para ir más allá, para lo cual es recomendable, lo que se repite formal e informalmente en varios foros, conferencias y similares; “*el aquí ha faltado una política de Estado*” y ello no solo con relación a F-R (Minería Chilena, 2015) sino también en concesiones, servicios y semis entre otros, es decir sectores que crean valores agregados adicionales y que deben disponer de más atención de parte del estado y de reglas del juego más atractivas. En el fondo, se desea un estado más activo, eficiente y pequeño, que crea mejores condiciones fiscales e incita al sector empresarial privado y bancario a más dinamismo para apoyar la expansión de los diferentes segmentos del sector minero incluyendo semis manufacturas y toda una gama de servicios relacionados.

Tal situación y análisis del sector incitan a considerar de más en más a ejecutivos a otra política, a la promoción de instalación y modernización de F-R y servicios relacionados en el país, factor que en muchos casos sorprende al observador europeo, asiático o extranjero, el no disponer aun en un país minero como Chile de capacidades de F-R acordes a su producción de concentrados. La imagen del país en general es positiva, no solo por el volumen de cobre que produce y potencial de sus reservas, sino también por su calidad ingenieros y ejecutivos, condiciones de inversión y su estabilidad económica; aunque ella ha disminuido últimamente con el estallido social y la redacción de la nueva constitución. Sin embargo, varios inversionistas consideran que los tiempos han cambiado y ello no solo en Chile sino también en la economía mundial, y que dejar el statu quo anterior engendraría mayor inestabilidad y radicalizaciones a mediano plazo. La percepción es más de inversionistas extranjeros que nacionales. De ahí por el momento el “wait and see” y la congelación de varias iniciativas de inversión en el país. La industria local por su lado ya lo comprende, aunque no es lo dominante, que el mundo y el Chile de hoy, es ya otro Chile, no el de hace 10 o 20 años, él ha entrado en otro periodo y ciclo político económico en el cual innovación, reglas más justas, estabilidad, credibilidad y transparencia son y serán de más en más latentes en los años que vienen. Dentro de tal contexto, es sobre todo al gobierno actual de crear las condiciones necesarias para desarrollar una industria minera que genere de ese valor común del subsuelo, el mineral, cadenas de valor con mayor valor agregado y diversificación industrial.

Viendo la imagen país desde otro ángulo, si bien Chile es el mejor situado para hacer negocios en Latinoamérica según el Banco Mundial (Doing Business 2020), él se sitúa en el 59 lugar a nivel mundial y antepenúltimo según los criterios de los países de la OCDE del cual es miembro. El necesita modernizar su sistema regulatorio, el número de permisos y tiempos para iniciar inversiones o abrir un negocio, simplificar el sistema impositivo y registro de propiedades entre otros. No está demás decir que ello está estrechamente ligado a la industria minera y que las tareas del gobierno no serán de las más fáciles ni ocurrirán de un día para otro, de ahí la necesidad de pensar en horizontes más largos, y sentar las bases necesarias para darles continuidad en el tiempo. La PNM 2050 iniciada el periodo precedente, establece etapas y ajustes para ello, dentro de la cual el sector F-R está débilmente desarrollado y la industria de

¹⁶ Si bien la información que presentan es pertinente, ella es cara y solo en inglés; hay demanda en diferentes regiones para recibirla en su lengua, español, chino, francés, ruso, etc. no todos los clientes o ejecutivos dominan el inglés, muchos prefieren leer en lengua materna, especialmente en chino o español, la oferta no ha respondido siempre a ello; sería una reducción de beneficios para la empresa y sus directores. A término tendrán que hacerlo si no desean perder partes de mercado y facilitar la penetración de concurrentes locales, chilenos, chinos, brasileños, rusos, medio orientales u otros que conocen mejor la situación de su mercado o región. Las empresas nombradas aún están aprovechando su situación de renta lingüística que se estima no va a durar mucho

semi manufacturas metálicas ausente. Las primeras declaraciones de la nueva Min. Minería parecieran darle continuidad e ir en la dirección adecuada, con la modernización de las F-R e inversiones público-privadas, energía alternativa, I-D y economía circular entre otras.

4.1 Elementos para una Política Minera y Desarrollo Industrial. Fundiciones, Refinerías y Semi manufacturas de cobre

Considerando la situación presentada en las páginas anteriores sobre aspectos del mercado mundial y nacional de F, se constata que la modernización tecnológica, la competitividad, el rol del medio ambiente y las regulaciones estatales que rigen el mercado en diversos países han jugado un rol capital en los cambios del mercado mundial de F de Cu. En las líneas que siguen se presentan elementos a considerar para el diseño de una política nacional que tienda a atrapar el retraso nacional y al desarrollo de F-R como uno de los ejes claves de la industrialización del país (Alanoca S, 2020). A ello se debe agregar que, si bien el país dispone de buena experiencia y reputación en la producción de Cu, su conocimiento, experiencia y medios en otras ramas del mercado, no son suficientes como las que dispone la industria extranjera; de ahí a crear condiciones atractivas para incentivar y atraer a los mejores o líderes de esa industria a instalarse en el país. Se incluyen en el propósito, elementos a considerar en una política minera que va más allá de F, válido igualmente para otras ramas del sector (refinerías, semis manufacturas, servicios, etc.) y metales. Ello incluye adaptación del código de inversiones a recursos mineros e incentivos fiscales, polos tecnológicos en regiones mineras y cadenas de valor con mayor agregado, modernización de procesos tecnológicos, promoción de inversiones, diversificación, descentralización y reforma institucional, capacitación constante y cooperación internacional. El todo se concentra en cuatro pilares; es la continuidad y complementa en ciertos aspectos la PNM 2050. El objetivo central es crear mejores condiciones para modernización de F-R, sino también para producir y exportar de preferencia más refinados y semis al horizonte 2030-40; lo cual implica mayor valor agregado, diversificar y procesar subproductos de Cu, aumentar la exportación de servicios mineros relacionados e incentivar la I-D y tecnologías mineras.

En el enfoque se considera una política minera integral que es parte intrínseca de un eje de la política de Estado de largo plazo, en la cual los recursos mineros son bienes comunes y donde el Estado es responsable de su valorización para bienestar de todos sus habitantes. Él es un estado activo, eficiente y pequeño, que crea mejores condiciones fiscales, establece reglas del juego estables según prioridades del país. El sector público y privado (PP) colaboran estrechamente considerando las inversiones de ambos lados y el bienestar económico-social del país y de su población. Las reglas por aplicar son invariables, simples y transparentes. Ellas son generadas previa consulta de las partes involucradas, consensuadas, difundidas y evaluadas periódicamente.

Pilar 1. Desarrollo Minero y Metalúrgico.

Adaptación del Código de inversiones y creación de un polo tecnológico minero metalúrgico

Código de inversiones minero (CIM), El régimen de inversiones actual, Ley 20.848, presenta elementos importantes; basado en el DL 600 de 1974, él es aún confuso, de 7 de 12 páginas son consagradas a la creación de la Agencia de Promoción de Inversión Extranjera (APIE) y 4 a condiciones de inversión. Sutilmente actualizado en 2006 y 2015, después de varias recomendaciones de inversionistas y organismos internacionales para hacerlo más simple y rápido, el inversionista tiene aún que recorrer un sin número de instituciones y departamentos para obtener los permisos necesarios. La "permisología" se ha introducido en todo inversionista o abogado de negocios. En la media toma 4-8 años al inversionista minero para obtener las 1200 autorizaciones según declaración del subsecretario de minería a Bnamericas (Bnamericas, 2021, Baker McKenzie, 2020, EY, 2017). Se desea reducir ello a

600 pero al 2050. Sería aconsejable darle mayor prioridad, capacitar más personal, y considerar de establecer una Ventanilla Única (VU), automatizar y facilitar los pedidos en línea para darle más rapidez.

El código actual considera todos los productos similares sea este producto no renovable o renovable, es decir, un producto minero, Cu u otro mineral del subsuelo nacional considerado no renovable o agotable y bien común, es tratado al igual que un vestido, un motor, una bicicleta etc. que son productos renovables o reproductibles y no bienes comunes. En principio a ambos se le aplica las mismas condiciones de inversión e impuestos a diferencia que el primero que es el "capital inicial" del país encerrado en su subsuelo, él se acaba o agota al cabo de un cierto tiempo, de ahí que él ha sido considerado como un producto inicial con derecho a regalías (royalties) y a jurisprudencia específica por diferentes Estados en la historia.

Han existido y existen bastantes discusiones sobre el tratamiento a los recursos mineros en la teoría económica (Kautilya, 4eme siglo a.n.e; Bidard Ch and Erreygers G, 2020, World Bank, 2022)¹⁷ y políticas mineras, no nos adentraremos en ello; simplemente consideramos a nivel práctico, que en una economía no industrializada, débilmente diversificada y con mercado de capitales reducido y altas tasas de interés, uno de los caminos más prácticos y convenientes para colocar en valor esos recursos del subsuelo nacional, sería de adecuar el código de inversiones (CI) actual a uno específico y atractivo para productos mineros. Ello a fin de incentivar la inversión en concentrados, pero sobre todo en F-R, semis y otras ramas del sector minero que utilice ellos. El todo requiere antes que nada fuerte voluntad política, consenso de interés nacional y sobre pasar los cambios legales.

Así, se sugiere de actualizar y ajustar el código de CI y todo lo relacionado, a uno específico para la industria minera y metalúrgica (IMM). El incluye todos los recursos no renovables (RNR) del subsuelo del país y los productos industriales usando tales recursos (Cu semis, otros). A fin de incentivar el desarrollo y encadenamiento de la IMM en el país, se introducen tasas impositivas más atractivas o más bajas, para inversiones en fundiciones (F), refinerías (R), semi manufacturas (SM) o procesos MM integrados. De tal manera que el impuesto a la renta (IR) será de menos 8% para F-R por un periodo de 8 años, de los cuales los 5 primeros años la F-R reducen 8% y los 3 restantes 5%, enseguida ella pagaría impuestos a la renta como toda empresa. La reducción impositiva es a fin facilitar el retorno de inversiones durante el primer periodo. Las inversiones solo en concentrados (C) siguen el régimen actual si van acompañadas de contratos de largo plazo con F-R locales sino no son prioritarias, pagan más 3% sobre el IR y se comprometen a vender parte de su producción a F-R locales a precios internacionales o según acuerdo entre las partes. A fin de incentivar cadenas de valor con mayor valor agregado, las semi manufacturas de Cu, disponen de una reducción es 10% por un periodo de 10 años, de los cuales menos 10% los primeros 6 y 6% los 4 años siguientes.

El código de inversiones minero (CIM) es válido para toda empresa sea esta extranjera o nacional. Las empresas ya instaladas en el país continúan con el régimen actual hasta el fin de su autorización de inversión. Si desean beneficiar del nuevo CIM, dejan las condiciones iniciales y entran al CIM con reducción de 4% por 4 años; ello para ser correcto en política de concurrencia en cuanto a facilidades dadas en el primer periodo con respecto a los nuevos inversionistas.

Un análisis preliminar de la proposición muestra que desde el punto de vista país, el Estado no pierde nada, ya que, de continuar con la situación actual, se continuara exportando concentrados con cargas de

¹⁷ La discusión productos del subsuelo de un país van desde la antigüedad no solo griega sino antes, desde la India con Kautilya (4eme siglo a.n.e) hasta Hotelling y Sraffa en siglo 20, pasando por Aristoteles, Smith, Ricardo y Marshall y otros. Todos trataron de una manera u otra el tema de productos del subsuelo. Así Kautilya en El Arthashastra, en su Tratado sobre Política y Gobernanza, recomienda al rey entre otras de "conceder bajo participación o en arriendo, una mina que requiere muchos gastos o trabajo; una mina fácil él la explotara directamente" (Parte 2, El Estado y la Economía Chap 12 [30], Instalación de minas y de empresas metalúrgicas). Ello es solo un aspecto de la importancia de los minerales y de su gobernanza; claro está ello es a considerar o no, según situación y variedad de la economía del país. Con otro enfoque y más actual, ver Ch. Bidard and G. Erreygers, "Exhaustible Resources and Classical Theory", *Economía*, 10-3. 2020, 419-446; o World Bank. Commodity Markets. Evolution Changes & Policies. 2022

transporte y de tratamiento importantes, penalidades por concentrados complejos (arsénico y otros) y pérdida de subproductos entre otros. Gana lo que tradicionalmente pagan las mineras en IR y regalías. Con el CIM tendrá nuevas inversiones privadas o público-privadas modernas, con introducción de nuevas tecnologías, creación de empleos más calificados, IR reducidos los primeros años, pero superiores posteriormente. Claro está que el propósito necesita un análisis económico más fino, macro y micro, sus implicaciones a corto y largo plazo para el país, regiones mineras y empresas. Ello en términos fiscales, empleos, balanza de pagos, revalorización del peso, exportaciones-importaciones en USD y otras monedas, valor agregado creado y otros. Se debe considerar igualmente un análisis econométrico con diferentes escenarios. Los resultados del todo son presentados a las instituciones mineras, medioambientales, regionales y otros entes de gobierno, así como a industria minera privada y sociedad civil. Se estima que el CIM podría entrar en función 2024-26 en el mejor de los casos, él se aplica a toda nueva inversión o expansión de capacidades ya existentes. Los proyectos con planes de expansión presentados y aprobados por el M. Minería y autoridades competentes anteriores a 2024 siguen con sus condiciones iniciales o pueden cambiar como se señaló anteriormente.

Polo Tecnológico Minero Metalúrgico (PTMM) Creación de un polo innovación tecnológica para productos y servicios mineros y metalúrgicos (PTMM) en dos regiones mineras (Antofagasta o Atacama u otra a definir). Han surgido iniciativas de "clusters" las últimas 2 décadas, pero sin nada concreto. El propósito tiende a establecer al 2030-40 un PTMM o Silicon Valley minero de calidad mundial y regional. El crea las mejores condiciones para facilitar las sinergias de toda empresa produciendo o vendiendo productos o servicios para la industria minero-metalúrgica (MM). Incluye facilidades para toda sociedad u organización relacionada con la industria MM, F-R, productores de concentrados o semi manufacturas, laboratorios, centros de investigación, organismos de estandarización, empresas de auditoría minera, centros de formación, de la academia, de comunicación y marketing MM, bancos, firmas de financiamiento, de tecnologías de minería verde, de economía circular, de productos digitales e inteligencia artificial o todo lo relacionado a un mineral producido en territorio nacional.

De la misma manera que en el Silicon Valley y en otros países (China, Corea, Italia, Francia etc.), la creación de polos tecnológicos especializados ha facilitado la creación de "clusters", encadenamientos con mayor valor agregado, la innovación, la competitividad de las empresas, y la calidad de recursos humanos entre otros. Todo ente instalado en el polo produciendo o vendiendo sus productos o servicios a la IMM es exento de 8% de impuesto a la renta los primeros 5 años y de 5% los 3 siguientes. Se conceden facilidades de instalación los primeros 5 años, con menos 10% del valor de los locales donde la empresa está instalada. El todo es válido solo para empresas, institutos, laboratorios, centros etc. que instalan su oficina central o casa matriz (headquarters) en la región del PTMM. Alternativamente para beneficiar de parte de las ventajas él debe presentar a las autoridades competentes e impuestos internos que 70-80% de su cifra de negocios corresponden al sector MM del país. Es lo mismo para los inversionistas extranjeros si desean beneficiar de todas las ventajas (oficina principal en el país) o solo parcialmente. Una plataforma y un algoritmo apropiado es ligado a impuestos internos, autoridades regionales y nacionales competentes (Min. Minería, Hacienda, M. Ambiente, otros.) para facilitar las operaciones y su transparencia. La reducción de impuestos es estimada, el estudio citado anteriormente determinara los pro y contra y montos para discusión.

El PTMM funciona con participación pública y privada (PP), donde el sector público es mayoritario durante el primer periodo (15-20 años). Este está compuesto por instituciones nacionales y regionales, lo cuales financian su participación con impuestos provenientes de la minería. Al cabo de 12-15 años según situación y conveniencia los entes públicos transfieren sus fondos al presupuesto nacional y regional y/o alternativamente venden una parte a los ciudadanos de la región. El polo funciona como empresa para pública, donde solo su director es nombrado por la Presidencia por un periodo de 7 años y aprobado por las autoridades regionales. El puesto no es renovable a fin de darle más dinamismo,

flexibilidad en la gestión y evitar de crear feudos. El resto de la dirección es reclutada en concurso público abierto por igual periodo y renovable solo una vez por 4 años. Se tiene en cuenta igualdad de género. El concurso es transparente.

Pilar 2. Cadenas de valor agregado e innovación (CVI).

Creación de una Empresa de Inversiones Mineras y Metalúrgicas (EIMM), Utilizando el CI actualizado se incentivan y promueven las inversiones extranjeras, nacionales y publicas en F-R y en segmentos de la IMM con mayor potencial y demanda en el mercado internacional. Para tal propósito y concretizar el desarrollo de CVI e inversiones en la industria MM, se crea una empresa Publico Privada (PP), la EIMM de la misma manera como lo han hecho Singapur, Corea del Sur, Francia, Italia, España, EEUU ¹⁸ y otros países para incentivar el desarrollo nacional o de sectores específicos. La EIMM toma participación en toda inversión del sector MM de todo mineral extraído del subsuelo nacional. Yendo desde concentrados, F-R, semis manufacturas y otros relacionados con la industria minera que se considere importante para el país. La EIMM y la Agencia de Promoción de Inversión Extranjera (APIE) coordinan sus actividades y contactan activamente F-R, productores con las más altas tecnologías y equipos mineros, así como importantes productores de semis, de litio, molibdeno y otros metales a instalarse en el país en función de estudios previos.

La EIMM participa con un techo de hasta 20 % en toda inversión de 100-250 ml t/a de producción de F-R de Cu y sobre 20 % para inversiones superiores a 250.000 t/a. Para concentrados con producción de 50-100.000 t/a la participación puede ser de 20% sola o con Enami, y superior a 20% si la inversión es mayor. Para semis, metales preciosos, no ferrosos y otros, los montos son a definir según estudios y prioridades del país. El otro objetivo de EIMM es estar presente donde hay producción o venta de mineral nacional ¹⁹ e ingresar sus ganancias a las arcas fiscales; es decir participa, controla, orienta y recupera el valor de los minerales extraídos del subsuelo nacional y el buen uso de los fondos invertidos. Ella está cerca de productores y consumidores finales para detectar y anticipar tendencias del mercado y segmentos específicos.

En la EIMM el Estado es mayoritario desde su inicio por un periodo de 15-20 años, al cabo del cual su participación es vendida progresivamente, en una primera etapa al personal de la empresa y posteriormente a cuidanos de la región minera y del país. Ella actúa como empresa para publica (PP), con objetivos y resultados presentados a las instituciones del sector y sociedad civil. Presenta un informe semestral y anual accesible al público y en su sitio web. Su director es nombrado por la Presidencia y el directorio reclutado en forma transparente en concurso público abierto. Funciona como el PTMM. La EIMM paga royalties e impuestos como toda empresa del sector donde participa. Coordina sus actividades con Codelco y Enami, que también pueden adquirir participación o establecer actividades conjuntas con inversionistas potenciales.

Promoción para creación y aumento de la inversión en CVI. La EIMM establece en una primera fase, una serie de estudios prioritarios de factibilidad detallados con los pro y contra a nivel nacional, regional y mundial en F-R inicialmente ²⁰ e igualmente a nivel de semi manufacturas y los sectores y productos con mayor demanda, tales como servicios mineros y geológicos, otros. Se analizan los efectos e implicaciones meso económicas, es decir desde el punto de vista país (macro) y firma (micro). Se establecen programas de inversiones por parejas mercado-producto y córneres potenciales para atraer inversionistas extranjeros y nacionales. Llevado a cabo ello, en una segunda fase se contactan las

¹⁸ Tal tipo de empresas existen en varios sectores, petróleo, infraestructura, telecomunicaciones, medio ambiente, etc. Un caso interesante es el de Temasek en Singapur que aceleró considerablemente el desarrollo del país. Hoy en día es más que un conglomerado, es casi un segundo estado, es decir atención.

¹⁹ Casos interesantes pero fallidos por falta de visión, son los casos de la joint venture (JV) Madeco y la Fábrica de Cobre N°1 en Beijing, China y la de Codelco con el fabricante alemán de cables y barras de cobre Deutsche Giessdraht. Codelco vendió en 2018, 40% de sus partes. Ambas empresas son líderes en sus respectivos mercados; las JV fueron creadas en gran parte gracias a la iniciativa de los dos países y empresas para asegurarse su aprovisionamiento en cobre.

²⁰ Existen varios estudios detallados sobre condiciones y montos de inversión en F-R en Codelco, Cesco, Cepal-Giz, Enami, Streicher-Porte y Hans Jörg Althaus, o Rayo. Según declaraciones recientes del Min. Minería (05.2022) se piensa modernizar F o incentivar inversiones PP.

empresas líderes e inversionistas potenciales (empresas mineras, fundiciones, refinerías, semi manufacturas de la UE, China, Japón, Corea, EEUU, etc.). Se efectúan conferencias anuales en regiones mineras y "Road Shows" en mercados potenciales. Se comunica y difunde activamente las iniciativas a nivel nacional e internacional. Tal actividad se lleva a cabo con empresas mineras y de servicios locales o internacionales y en estrecha relación con la Agencia de Promoción de Inversión Extranjera. Creada solo en 2015, la APIE dispone de una buena red, información y datos legales actualizados, ejecutivos competentes, así como de proyectos potenciales por región, sin embargo, le falta aún el lado MM y energía que debe integrarlos para un mejor desarrollo de cadenas de valor del sector.

Fondo Innovación y Cadenas de valor agregado (FIVA) Se establece un fondo de innovación para empresas del sector MM, laboratorios, departamentos investigación, universidades y otros relacionados con el sector o donde el 80% de su actividad correspondan a la industria MM (IMM). La oficina central de ellos está situada en las regiones mineras, trabajan con fondos propios y financiamiento del FIVA. El fondo es financiado con una parte de los impuestos de la IMM. El FIVA consulta cada año al sector MM y establece posteriormente una lista de prioridades innovantes o con potencial de valor agregado. Llama a concurso público con proyectos de 2-4 años. Una parte es destinada a actividades conjuntas de empresas MM con centros de investigación, universidades o laboratorios especializados. Objetivo, aplicar rápidamente los resultados. Casos similares de tal tipo de fondos existen en la UE, Japón, Corea del Sur y otros países. Entre las prioridades del fondo, figuran: apoyo a la introducción de productos, tecnologías, servicios para generar una minería verde, economía circular, aplicación de sistemas digitales e inteligencia artificial, otros según demanda. Los créditos son blandos y de largo plazo. Se coordina actividades con Corfo y otras instituciones relacionadas con la IMM.

El FIVA apoya igualmente a PME del sector en estudios de mercado y a posicionarse en segmentos potenciales. Se establece con Enami un programa de apoyo e innovación verde y circular para tratamiento de concentrados de la pequeña minería en las principales regiones mineras de país. Incluye modernización y automatización de plantas de Enami y asesoría para pequeños productores. Muchas PME del sector, sea a nivel de servicios o productos geológicos o mineros tienen potencial de exportación, pero a una gran parte le falta información, experiencia del mercado internacional y sobre todo facilidades de financiamiento e introducción a segmentos o córneres potenciales en el mercado. Tal tipo de apoyo es dado por el Estado en muchos países de la OCDE y es permitido en los acuerdos de la Organización Mundial del Comercio (OMC, 1994) ²¹ sin violar ninguna regla comercial.

Programas de Cooperación Internacional (PCI) Se diseñan programas de cooperación internacional (PCI) con 4-6 países líderes en innovación tecnológica. Ello es por periodos de 4 años e incluye instituciones públicas, centros de I-D, academia y asociaciones de la IMM privada a la cabeza del sector. Ello en función del grado de avance y prioridad de la IMM y el interés nacional. Ejemplos, en automatización de procesos en F-R y semis, Alemania, Finlandia, Japón, España; en economía circular, minería verde e inteligencia artificial, Finlandia, Suecia, Canadá; en energía alternativa Alemania, China, España; en tratamiento de desechos metálicos, polvo, ruido y aguas Japón, Francia, Australia. Los programas tienen una duración estimada a 4 años, es flexible en función de prioridades, son renovables y financiados con fondos privados y públicos de ambos países ²². Ellos son evaluados por entes independientes anualmente y sus resultados son disponibles en la plataforma del programa e institución responsable. Tales programas son importantes sobre todo por el conocimiento y experiencia que aporta, pero también porque los costos de financiamiento son bajos.

²¹ ver Acuerdo sobre Subvenciones y Medidas compensatorias, parte IV artículo 8. OMC 1994. Presenta una serie de actividades que el Estado puede utilizar para dar apoyo a las PME sin distorsionar los compromisos firmados ni las reglas de la competencia.

²² Dependiendo de los montos y prioridades en ciertos programas participan con fondos de financiamiento 3-4 países o más (blended finance).

Pilar 3. Descentralización Regional, Impuestos e inversión (DRII).

La **descentralización regional** implica también descongestión de decisiones públicas, impuesto e inversiones sean estas públicas o privadas. Ello ha sido considerado como necesario e imprescindible en diversos foros políticos y económicos nacionales y en países con alto grado de concentración de decisiones gubernamentales. Es un pilar importante, difícil a ejecutar por sus implicaciones sociopolíticas, legales y económicas, él requiere alta voluntad política. Sin embargo, Chile tendrá que efectuarlo tarde o temprano, es una tendencia a nivel mundial y se siente en la atmosfera del país. A ello se agrega el aumento de la importancia de la economía digital y la inteligencia artificial (IA) que se desarrollan a grandes pasos, lo que facilita y acelera más aun la descentralización.

En el caso nacional entre los problemas de distribución de recursos públicos y de decisión figuran débil conocimiento de la realidad regional por el ente central, lentitud de decisiones en la capital, muchas no adecuadas, recortes presupuestarios, retrasos o cancelación de estos sin explicación, etc. Del otro lado se nota desconfianza en el uso de fondos, amiguismo regional, corrupción, falta de formación y de transparencia entre otras. Se estima que, en la media que solo 60-75% de presupuestos del Estado delegados a regiones es utilizado y en ciertos casos menos de 55%. Proyectos incoherentes, ausencia de experiencia en procedimientos de licitación pública o retrasos figuran entre las principales causas. En el caso de la minería, han surgido varias iniciativas algunas de ellas en camino a profundizarse según informes del PNM 2050 (Hernández, S, 2020), pero aun figuran ausentes mecanismos de descentralización, recolección de impuestos, la industria metal mecánica y otros.

Regulación, Impuestos, Financiamiento Descentralizados. Se sugiere de establecer un marco regulatorio descentralizado de impuestos e inversiones en las regiones mineras. En una primera fase de 5-8 años, 50% de los impuestos y 50% de los royalties son recolectados y administrados por las autoridades estatales en la región y en una segunda ellos pueden llegar a 80% de la recolección. Ello se efectúa de manera progresiva a fin de crear capacidades regionales competentes, evitar el derroche y generar credibilidad del sistema. El todo se lleva a cabo en estrecha relación con las autoridades centrales que son las que garantizan la estabilidad del proceso. En la segunda fase, la región puede emitir bonos mineros (BM) hasta un monto determinado en coordinación estrecha con los ministerios responsables, Hacienda, Minería, Economía, Banca Central, otros. Los BM son vendidos en el mercado nacional e internacional; ellos son objeto de una regulación estricta con límites de emisión en función del PIB de la región, ingresos, gastos y deudas corrientes y otros. De otro lado a fin de evitar volúmenes desproporcionados de emisión con relación a otras regiones y país en su conjunto.

Con el objeto de utilizar eficazmente impuestos y regalías y ganar en credibilidad, las regiones mineras (RM) establecen un plan de trabajo de 2-4 años que es previamente discutido y aprobado por las autoridades regionales y centrales. Él es ajustado cada año, es público y transparente. Sus resultados, actividades y gastos, hacen objeto de una evaluación independiente anual o bianual si necesario, por una empresa privada contratada bajo licitación abierta. Las autoridades competentes centrales o regionales pueden en paralelo efectuar evaluaciones.

Los fondos recolectados por la región servirán a financiamiento o participación PP de F-R, semis y prioridades de la IMM y de interés regional y comunal. Tales proyectos deben ser diseñados desde el punto económico (macro-micro), social y de sustentabilidad. Los resultados son evaluados por organismos independientes anualmente, presentados en la región y disponibles en las plataformas del organismo regional y ministerio responsables. A fin de atraer inversión y desarrollar actividades de

interés (CVI, empresas conjuntas de tratamiento de subproductos, relaves, laboratorios etc.) en formato PP la región minera puede reducir de su presupuesto su tasa de imposición de no más de 3% por un periodo no superior a 8 años, a manera que las diversas regiones del país dispongan de condiciones de inversión cercanas, evitando así regímenes regionales desproporcionales.

A fin de hacer más fluida la información y transmisión de datos, la RM actualiza y desarrolla interconexiones en fibra óptica y banda ancha con criptografía modulable entre los servidores de las autoridades regionales competentes, impuestos regionales y centrales. Cada empresa del sector minero y metalúrgico registrada en la región recibe su código de identificación, el cual la liga con impuestos y autoridades competentes (aduanas, inversiones, minería, medio ambiente, estándares, otros). Ellas siguiendo las reglas de transparencia en países industriales, publican semestral o anualmente (trimestral en ciertos sectores) un informe de sus resultados, actividades y balance de sus ingresos y gastos. El informe es semestral para las grandes empresas y anual para las PME. El reporte es enviado a la autoridad competente y accesible en línea en su sitio web ²³.

Las empresas de la región pagan sus impuestos y regalías (royalties) en línea trimestralmente los dos primeros años y mensualmente posteriormente, ello es revisado o actualizado anualmente. El objetivo es evitar papeleo engorroso para pagos de impuestos, y aumentar los flujos de caja de las instituciones competentes. Los pagos en línea son dirigidos a la autoridad o impuestos central, la cual, con un algoritmo o programa numérico específico, automáticamente acredita e informa el monto a la autoridad e impuestos regional.

Aduanas y Exportación. Las empresas exportadoras del sector MM, presentan sus planes previsionales anuales y mensuales en línea a aduanas y autoridades competentes. Los exportadores de concentrados envían los certificados en formato electrónico a aduanas sobre la composición y valor del concentrado. La veracidad de la declaración es comprobada por expertos de aduanas o una empresa independiente a pedido de esta. La no veracidad es multada de 10 veces más la primera vez y 20 veces más del valor declarado la segunda. En tal caso la firma acreditadora y el acreditador(a) son excluidos del mercado por 2 años. A nivel de exportaciones e importaciones de equipos, productos y servicios se desarrolla un chequeo en la banca de datos de la institución a fin de evitar y anticipar sobre y subfacturación de insumos. Se aplica la misma línea de penalidades.

Se ha constatado serias diferencias en las declaraciones de exportación de concentrados de Cu en ciertos embarques, pareciera no ser la dominante, pero la falta de personal, medios y transparencia de productos y valores embarcados tienden a aumentar la inquietud en los organismos involucrados (Castillo, R, 2008). Como se señaló en líneas anteriores participan en la operación de exportación-importación unas 30-50 personas, información y documentos existen, pero están en diferentes organismos, no son publicados ni son disponibles, ello en gran parte por falta de personal, falta de inversión en bancas de datos electrónicas, reglas obsoletas no actualizadas y ausencia obligaciones legales y/o voluntad política de mejorar y transparentar la situación. Así por ejemplo al momento de pedir autorización de invertir en x región o yacimiento, el inversionista y la autoridad competente (Sernageomin, Cochilco, M. Minería etc.) saben que tipo de mineral se va a explotar y exportar, su composición, reservas estimadas, duración y otros; sin embargo, ello no está disponible en aduanas ni en autoridades encargadas de controlar los impuestos.

²³ Codelco, así como otras grandes empresas publican informes o reportes que son bien percibidos por inversionistas, agencias de notación, bancos y otros. En ciertos países ello no es obligatorio pero las empresas lo hacen para ganar en credibilidad, imagen y facilidades de financiamiento entre otras.

A fin de paliar tal situación las aduanas regionales aumentaran sus efectivos y modernizaran sus actividades con formación, automatización de trámites y la instalación en una banca de datos, conectada a la red nacional. Ella es accesible al público para ganar en transparencia y credibilidad. Se ajusta igualmente el reglamento de exportación que incluye en el análisis de laboratorio presentado a aduanas la composición de todos los productos contenidos en la muestra y no solamente Cu, Au y Ag. Una lista de laboratorios acreditados e independientes es disponible en aduanas.

Capacitación. Se lleva a cabo un amplio programa de capacitación periódica en las instituciones de las regiones mineras (RM) y centrales a fin generar más eficiencia de sus actividades. Ello incluye temas relevantes del trabajo cotidiano y de futuro para cada administración, incluye aspectos legales, técnicos, económicos, gestión por objetivos y resultados, evaluación, comunicación, energía alternativa, eco. circular y verde, comercio digital, lenguas, otros. Tópicos como programación digital, codificación, inteligencia artificial, cadenas de bloques (blockchain), creación de plataformas, sistemas digitales (Java, Python, C++, programación dinámica, Q-learning, Datacloud, Articoolo, Cybersecurity, etc.) son a precisar con las organizaciones involucradas.

En varios aspectos de los temas mencionados ciertas organizaciones nacionales están bastantes avanzadas. Es necesario precisar prioridades por institución y diseñar un plan de capacitación de 2-4 años. La formación se estima a 3 niveles, empleados junior 40 h/año, intermedios 60 h/años y directores o decisores 20h/a. Los programas acordados son financiados con los presupuestos de la institución e impuestos recolectados. A nivel de empresas instaladas en la RM, éstas disponen de una deducción de impuestos de 4% anual para capacitación de personal. Su plan de formación anual es presentado a la autoridad competente para reducción fiscal y él figura en su informe trimestral o anual ²⁴. Los resultados pueden ser evaluados por las autoridades competentes.

Alianzas y Programas de Cooperación. De la misma manera que el FIVA y en coordinación con él, las instituciones regionales crean alianzas y programas cooperación con organizaciones de países líderes en el área por 2-4 años, con gastos compartidos. En modernización de instituciones públicas y privadas figuran como líderes Estonia, Finlandia, Suecia, Alemania (GIZ, BGR) y Canadá. Son los que más han avanzado no solo en simplificación de procesos administrativos sino también en introducción de inteligencia artificial (IA) en el procesamiento de datos, transacciones administrativas, registros, pagos en línea de impuestos, plataformas conectadas, ciberseguridad y transparencia entre otros. Otros posibles países son Holanda, Japón, China, Corea del Sur, Singapur y Australia. Se considera cortas estadías de perfeccionamiento o especialización para ejecutivos y empleados en las instituciones o empresas de países asociados al programa.

Ciertas instituciones o asociaciones de empresas pueden igualmente, proponer o crear programas específicos en función de sus prioridades. Ejemplo, cooperación entre aduanas, organismos medioambientales, centros de I-D, empresas de tratamiento de relaves y subproductos, servicios etc. Para hacer un buen uso de los fondos y de evitar repeticiones, es conveniente de coordinar las actividades con las instituciones y el sector privado regional, así como con las autoridades centrales tales como M. Minería, DIRCON (Min. Rel. Ext), MINCITEC y otros.

²⁴ Si bien en el país se han aumentado los cursos de formación, talleres y otros en ciertos sectores, Chile aún se sitúa entre los últimos países de la OCDE en cuanto a formación, capacitación y gastos en I-D. Los países Escandinavos, Japón, China o Corea del Sur son los que consagran más a ello. El sector minero a nivel mundial presenta gastos relacionados, registro de patentes y licencias entre los más bajos de diversos sectores industriales.

Pilar 4. Desarrollo territorial en regiones mineras y sociedad civil.

Desarrollo territorial y Sociedad Civil En sinergia con la nueva constitución, el CI, la PNM 2050 y la actual administración se establecen mecanismos de gobernanza y administrativos para desarrollo territorial y participación de la sociedad civil y sector privado en la industrialización de toda región minera del país. Los mecanismos son descentralizados, organizados por las autoridades regionales y establecidos en estrecha relación con las instituciones centrales y el poder legislativo. Se presentan programas preliminares de desarrollo regional a 2-4 años para consultación ciudadana. Los diferentes puntos de vista o proposiciones son discutidos considerando sus implicaciones e impactos a nivel social, medio ambiental, económico-financiero, de gobernanza, mecanismos de implementación, control y transparencia entre otros. Una plataforma es desarrollada para tal propósito. La aprobación del programa se efectúa por votación directa 3 meses antes de establecimiento del presupuesto regional y nacional. Dos mecanismos de aprobación son establecidos, por mayoría simple (51%) y dos tercios (67%) para temas específicos. Las discusiones sobre el programa son presenciales y en línea, así como su aprobación. Se hace énfasis en la participación de la población en general, pero sobre todo mujeres, adultos mayores, pueblos originarios y jóvenes. Son estos últimos los que crean y construyen el futuro del país y su futuro; son los que tendrán 50 años en 2050. El todo incluye proposiciones de prácticas, realizables, de presupuestos, de impacto social, económicas y medio ambientales entre otros.

Fondo Minero (FM) Se crea un FM para mineros, empleados o ciudadanos en las regiones mineras a fin de facilitar la adquisición de acciones o partes en toda empresa de la IMM (F-R, de semi manufacturas, concentrados, relaves, servicios, etc.) invirtiendo en la región. Ello da derecho a voz y voto y a nombrar un representante al consejo de administración de la empresa. El propósito es involucrar más en las actividades de la empresa, así como en las ganancias, pérdidas u otros. El fondo minero (FM), facilita créditos de largo plazo a quien lo requiera y es constituido por un porcentaje de los impuestos regionales de las empresas, los royalties y los impuestos de ciudadanos residentes en la región. Los poseedores de las acciones disponen de una reducción fiscal equivalente al valor adquirido por 8 años y de menos 30% por 4 años suplementarios. El acceso a los fondos es transparente y se obtiene a través el sistema bancario regional, en estrecha coordinación con autoridades regionales y centrales. Tal tipo de fondos no solo involucra en las actividades de la empresa, sino que también genera estabilidad social, disminución de huelgas²⁵ y mejores perspectivas a largo plazo.

Aspectos Generales

Tendencias. Es conveniente de considerar en los análisis o estudios sugeridos, las tendencias de la economía mundial y sus implicaciones en el sector escogido. Después de una década se observa una disminución de la globalización y aumento de regionalización de actividades industriales y de servicios, al mismo tiempo que una serie de medidas proteccionistas y de salvaguardia han surgido en el mercado (Buy American in USA, aumento de nacionalismos, incremento de tarifas y barreras no tarifarias, subsidios etc.). La crisis de financiera 2008 en EEUU y el mundo, la elección de Trump y las medidas contra China, la pandemia en 2019 y la emisión monetaria de las bancas centrales han acelerado ello y más aún ahora con la invasión de Rusia en Ucrania. En ese contexto se perfilan 2 bloques (EEUU-EU-Japón y China-Rusia-BRICS, otros), disminución de la credibilidad del USD, aumento de transacciones en otra moneda que el dólar (yuan, panel de monedas etc.). En tal situación y dado las sobrecapacidades en F-R, estas buscan a relocalizar actividades o líneas de producción a regiones o países mineros como

²⁵ En la minería hay huelgas cada 1-2 años con costos importantes para los participantes y la empresa. En gran parte ellas reivindican mayor, seguridad de las operaciones y alzas de complementos de fin de año y salariales. Esto último es la dominante ("la plata primero"), lo que muestra el poco interés en involucrarse en la empresa; del otro lado está una administración estricta, dividida en capas rígidas, poco comunicativa o a la búsqueda de consenso.

manera de asegurar aprovisionamiento y de posicionarse en mercados potenciales o sino varias tendrán que desaparecer. Ello no es solo el caso de F-R sino también en otras industrias.

Comunicación. La industria minera (IM) en general ha mejorado su comunicación la última década, sin embargo, ella es de preferencia intraindustrial y débil aun fuera de ella. Hay un gran esfuerzo a hacer a nivel de clarificación y comunicación²⁶. Se lleva a cabo una campaña intensa de comunicación y relaciones públicas a todos los niveles, en los 4 ejes propuestos. Ella tiende a sensibilizar la población sobre las medidas que están y que se van a tomar, su impacto a nivel de la región y país, del sector productivo y de la población y regiones en general. Incluye también los problemas que se encuentran, las soluciones a ellos, sus implicaciones medio ambientales, monetarias y fiscales. Una plataforma es creada para ello y talleres de información son organizados periódicamente. Se capacita personal regional o comunal, se clarifica temas candentes y otros. Por ejemplo, a pueblos originarios, en que consiste las perforaciones en áreas cercanas, como queda el todo después y que es lo viene; en extracción cuando dura, cual es el beneficio para la comunidad durante y después, como se evalúan la calidad de suelos, aire, polvo, ruido, aguas, sitios arqueológicos u otros. Con que equipos medir ello independientemente, etc. La comunicación es a tres niveles, general, técnica (legal, económica, medio ambiental) y específica según público y objetivo. En el fondo es abordar los problemas que preocupan directamente a la población local, comunidades o pueblos originarios, para ganar en credibilidad y estabilidad.

Coordinación y ejecución. Entre los aspectos prácticos, se sugiere de establecer grupos técnicos para elaboración de las proposiciones preliminares en estrecha relación con los Min. de Minería, Medio Ambiente, Hacienda, Economía, Educación, Energía, Ciencia (MICITEC), academia, oficinas legales (importante), sector privado, sociedad civil y otros. El sector metalúrgico, bajo responsabilidad del M. Economía se sugiere transferirlo al M. Minería para facilitar el encadenamiento de productivo, generar valor agregado, inversiones y cadenas de valor. De cierta manera ese sector ha sido dejado de lado, sin real apoyo ni líneas directrices. En las dos últimas décadas las empresas de semis han aumentado sensiblemente de 5 a 16 actualmente, su volumen de producción a triplicado, aunque el represente aun solo 3-4% del total de la producción nacional de Cu. En términos de desarrollo industrial es un eje prioritario de la política minera y metalúrgica del país.

Las propuestas sugeridas o hoja de ruta (HR) es amplia para mayor flexibilidad e incluye los periodos 2022-30, 2030-40, etc. Ella se desglosa por periodos de 5 años a excepción de 2022-30 que es de 4 años; esto a su vez se dividen en periodos de 2 años a fin de ajustar y concretizar la HR. Para facilitar la toma de decisión las propuestas a programas son precedidas de estudios imparciales analizando el tema desde diversos ángulos (macro, micro, impacto social, medio ambiente, sostenibilidad etc.). Evaluadas las proposiciones, la HR se presenta para ajuste o aprobación a las instituciones involucradas y si "nuevas reglas de juego" (Constitución) lo exigen al parlamento u otros. Se crea una comisión de dirección política (CDP) mixta (diferentes instituciones) que se reúne 1-2 veces al año, establece las líneas generales, orienta y controla los grupos técnicos. Las actividades son evaluadas anualmente o cuando sea necesario por un ente independiente.

Según experiencia de otros países (Singapur, Corea del Sur, China, Malasia etc.) en ejecución de políticas de largo plazo, agrícolas, industriales, regionales o de país, los problemas se encuentran sobre todo en la primera fase una vez diseñada la política que ya es problemática en sí. Entre ellos los más frecuentes son: cambios de gobierno, de ministros, coordinación entre instituciones gubernamentales,

²⁶ La percepción del gran público de la IM es anodina; dividida entre: contamina, deja desechos, lugares poluidos y sin agua para poblaciones humildes, privilegios de asalariados etc. y del otro lado crea empleos, es la riqueza de Chile, contribuye a su bienestar, atrae inversiones extranjeras y buenos salarios etc.

cambios y ajustes legales, división oficial de funciones de instituciones, redistribución de presupuestos, debilidad de recursos humanos, feudos institucionales o regionales y alta presión de grupos de interés. Para sobre montar tales obstáculos, una alta voluntad política, interés general o de país, búsqueda de consenso, comunicación y transparencia, figuran entre los elementos que han jugado positivamente en la ejecución y concretización de políticas de largo plazo.

Conclusión

Las rupturas políticas y económicas en Asia y Europa del Este en los años 80-90 generaron fuertes cambios en mercado mundial del cobre, donde China se convierte en el polo más importante de producción e importaciones de Cu seguido de Europa que lleva a cabo una serie de adquisiciones y fusiones. Así China solo entre años 2000-2017 paso de 1.3 a 6.8 mlt. (+500%), concentrado cerca de 30% del *mercado mundial de fundiciones* de concentrados, otros países asiáticos aumentan de más 62%, Europa de más 25%. Chile y Australia aumentan ligeramente de 10 y 8% respectivamente. Disminuyen en capacidades Canadá y EEUU. Lo cual en conjunto generan una industrialización acelerada en la región asiática y nuevos flujos de consumo Cu. El proceso de cambio de un régimen autoritario y enfoque de desarrollo en China, se llevó a cabo gradualmente y por fases, con líneas directoras claras tendiendo a la modernización e introducción de tecnologías avanzadas con adquisiciones de licencias y patentes en todo el proceso de tratamiento de minerales, descentralización estricta y controlada, dirigentes de confianza en áreas prioritarias, créditos blandos y largos, capacitación intensiva de ejecutivos en métodos y gestión de complejos mineros, incentivos para el desarrollo de empresas mixtas y privadas, inversiones y contratos de largo plazo para el abastecimiento en minerales y utilización de estos en la industria regional y nacional. Se estima que su tasa de consumo de Cu disminuirá a término, cuando su industria de servicios aumente en importancia. Lo cual generara deslocalizaciones o quiebras de empresas mineras.

Con relación a la *competitividad de fundiciones* se constata que los países y fundiciones con menores costos y mayor competitividad son aquellos en que han invertido y modernizado sus F, y llevaron a cabo cambios en la gestión de sus actividades y formación constante de su personal De 61 F a nivel mundial con costos directos efectivos de 100 USD/t en promedio, 30 presentan costos inferiores 56 USD/t, de ellas 22 están China, Sin embargo en cuanto a productividad son las F europeas las que muestran una mayor productividad +87%, seguido de una relativamente reciente en Perú. En costos de personal, son las F Chinas y de Zambia con los costos más bajos, aunque estos tienden a aumentar sensiblemente. Las menos competitivas son las F en Chile superadas por las europeas de +90% en productividad, son ellas las que han invertido poco en nuevas tecnologías, formación y nuevos métodos de gestión. En el último cuartal, las menos competitivas del total de F analizadas se encuentran F privadas y de estado, siendo más numerosas las primeras y en el primer cuartal las más competitivas ambas, las estatales y privadas. El todo reside en pensar el largo plazo, objetivos por resultados, modernización, formación y gestión eficiente no solo a nivel de empresas sino también institucional y políticas de Estado.

El medio ambiente que es de más en más importante en la sociedad civil y la industria se constata que las F-R que capturan sobre 96.4% de emisiones de dióxido de azufre; lo aceptable en el mercado son las que valorizan más el MA y su entorno. Ellas son las F-R, de Japón y UE con capturas de 99.9% y 98.5% respectivamente. Ello en gran parte gracias al diseño de legislaciones y políticas públicas que se ha modernizado constantemente y desarrollado en estrecha consulta con el sector industrial. La mentalidad de los ejecutivos de F-R de mejora de su entorno en todos sus aspectos, inversiones y capacitación periódicas, también han contribuido a ello. Las F-R chinas tienen un cierto retraso en capturas de emisiones, pero la modernización y aplicación estricta de leyes relacionadas creadas por el poder central

en la última década, han hecho que ellas consideren de en más en más el medio ambiente y al mismo tiempo busquen medios para reestructurarse o fusionarse.

Las F-R latinoamericanas han hecho un cierto esfuerzo, pero en general están bajo la media mundial, por las mentalidades existentes de ejecutivos y decisores políticos con relación al MA, presupuestos estrechos, accionar con horizontes y márgenes de beneficios de corto plazo, y legislaciones débilmente modernizadas y/o no siempre aplicadas por las instituciones responsables.

Chile se sitúa en la misma línea de productores del continente, si bien continua a ser el primer productor mundial de concentrados de Cu, pero ha perdido partes del mercado de fundiciones y refinados. Ello en gran parte es causa de la preferencia que se le ha dado a la exportación de concentrados y a la débil modernización e inversiones en los otros segmentos de la industria de Cu. La lógica de la preferencia por los concentrados es debido en gran medida a que el EBITA/ventas es de 17-20 mayor que en F-R, más aún hace 3-4 décadas el país tenía una mala imagen en el mercado y surgía fuertemente la apertura del mercado chino y asiático. De ahí a minimizar o no considerar políticas públicas de largo plazo, ni de incentivar el desarrollo integrado de la industria, ni cadenas de valor que contribuyan a la industrialización de sector y país.

Si bien se ha invertido en ciertos aspectos del proceso productivo globalmente, el aparato institucional no se modernizado al mismo ritmo. Durante la última década han surgido voces en diversos foros de instituciones mineras y privadas, pidiendo una política minera más activa, modernización industrial, simplificación de reglas y condiciones de inversiones, mayor diversificación, recuperación de subproductos, desarrollo de mercados horizontales y similares. Se han dado pasos en la buena dirección sobre todo con el diseño de la PNM2050 y la reducción de permisos para inversiones, pero ello es aún incipiente. Al inversionista minero aun le toma entre 4-8 años para obtener las 1200 autorizaciones de diversas instituciones para iniciar sus actividades. Se intenta reducir ello a 600 pero en el mejor de los casos al 2050. Una serie de reglas y leyes que se sobreponen o se contradicen juegan en ello, así como un aparato institucional que comunica poco entre organismos relacionados y feudos administrativos o de grupos de interés.

A fin de facilitar la integración vertical y horizontal de la industria de recursos mineros del país, se propone el diseño de 4 pilares de desarrollo minero metalúrgico (DMM) que incluyen mejores condiciones de inversiones, reglas claras en función del interés general o país, capacitación, I&D, descentralización regional de toma de decisiones, polo tecnológico minero, desarrollo territorial y cooperación internacional con líderes del sector.

El *Pilar 1*, incluye *Desarrollo Minero y Metalúrgico y adaptación del Código de inversiones (CI)* y creación de un polo tecnológico minero metalúrgico. Propone ajustar el CI actual a uno específico al sector minero, donde las tasas impositivas son más atractivas o menores para inversiones en semi manufacturas (10%) por un periodo de 10 años, 8% para F-R, y para los ya produciendo concentrados, guardan el régimen actual y para nuevos productores pagan + 3%. En todos los casos por periodos determinados. El pilar también incluye un polo tecnológico minero metalúrgico en 1-2 regiones mineras.

Pilar 2, creación de cadenas de valor agregado e innovación (CVI), considera 4 sub-pilares o componentes, 1. Creación de una empresa de inversiones minero metalúrgica (EMM) de carácter público-privada que invierte según volúmenes en todo el sector productivo minero. 2. Promoción para creación y aumento de inversiones en CVI, 3. Establece un fondo de innovación y CVA 4. Desarrollo de programas de cooperación internacional con países y empresas líderes en el mercado.

Pilar 3 Descentralización Regional, Impuestos e inversión (DRII), considera mejorar la recolección de impuestos y un financiamiento regional descentralizado, control aduanero y exportaciones, capacitación institucional en regiones mineras, alianzas con programas de cooperación y mayor uso de la inteligencia artificial en estrecha relación con instituciones centrales.

Pilar 4 Desarrollo territorial en regiones mineras y sociedad civil, incluye mecanismos de gobernanza y desarrollo territorial en estrecha relación con la sociedad civil y el sector MM. Se crea igualmente un fondo minero a fin de facilitar la adquisición de activos o partes de las empresas del sector MM por parte de los mineros, empleados o ciudadanos de la región minera. Se considera una reducción fiscal por un periodo determinado.

Se recomienda que los pilares nombrados sean analizados de diversos ángulos, micro, macro, o econométricos por entes independientes y discutidos ampliamente entre las instituciones involucradas. Ello debe ir de par con las tendencias del mercado a 10-15 años donde ya se vislumbra que el mercado de mañana será diferente del ayer, donde para afrontar ello, la voluntad política y el bien común del país serán elementos claves.

saul.alanoca@free.fr
cc: saul@alanoca.net

9.09.22

Bibliografía

- Alanoca S. 2020. Elementos para el diseño de una Política Nacional Minera de Largo Plazo. PNM 2050. Chile. Estudio sobre condiciones e incentivos para desarrollo de la industria de semi manufacturas de Cu en el país.
- Arubis, 2020, 2021. <https://www.aarubis.com/en/>; https://en.wikipedia.org/wiki/Pirdop_copper_smelter_and_refinery ;
- Arubis, 2021 www.aarubis.com/Umweltbericht_2021_EN_20210615.pdf ; Aurubis environment program 2021
- Avrconsultores, 2022; [El dilema de la fundición y refinería – avrconsultores.cl](http://El_dilema_de_la_fundición_y_refinería_-_avrconsultores.cl)
- BakerMcKenzie, 2020, [Global Mining Guide | Chile | Global Mining Guide | Baker McKenzie Resource Hub](http://Global_Mining_Guide_|_Chile_|_Global_Mining_Guide_|_Baker_McKenzie_Resource_Hub)
- Bnamericas, 2021; <https://www.bnamericas.com/en/interviews/how-chiles-attempting-to-speed-up-permitting-for-mining-projects> ;
- Barr, G, Defreyne J, Jones D, Mean R. 2005. On site processing vs sale of copper concentrates. Perth, Australia.
- Bidard Ch. and Erreygers, G. 2020 “Exhaustible Resources and Classical Theory”, *Economia*, 10-3., 419-446
- Bloomberg, 2021, mars 31. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-03-31/agarwal-s-vedanta-plans-to-build-new-1-4-billion-copper-plant>
- Boulamanti A & Moya JA, 2016 Production costs of the non-ferrous metals in EU and other countries: Copper and Zinc. Resources Policy 49.
- Camus J, Aragón J, Lagos R. 2014. Valoración de subproductos de la minería del cobre. Revista Chilena de Educación Científica, N° 13 (2) pag. 29-36, 2014
- Castillo R., 08. 2008. Reflexiones de un ex fiscalizador de Aduanas. Stgo
- CEPAL, GIZ 2021. Lagos G, Peters D, Salas JC, Parra R, Pérez V. Análisis económico de las cadenas globales de valor y suministro de Cobre refinado en países de América Latina. Santiago.
- Cesco. 2020. Cobre Refinado. Un buen negocio para Chile Stgo
- COCHILCO 2000-2021 Anuario de Estadísticas del Cobre y otros minerales. Chile Cochilco.2018 basado en Wood Mackenzie 2018. Actualizado 2021. <https://www.cochilco.cl:4040/boletin-web/pages/tabla20/buscar.jsf>
- Comisión Presidencial. 2016. Informe sobre mercados de concentrados de cobre. Comisión Presidencial para el futuro de las fundiciones y refinerías de Codelco y Enami. Stgo.
- CRU, 1985-90 Copper Studies Dec. London.
- Diario Oficial Ley N° 20.977, exime la Ley Reservada del Cobre. N° 13.196; Deja contribuciones por 12 años más
- ICSG. 2015, 2019, 2020. The World Copper Factbook, Lisboa
- Earthi Space, 2011 Nov. <https://earthi.space/press/global-copper-smelting-falls-slightly-in-november-nickel-activities-hit-record-highs-in-north-america/>;
- EC. 2016, Official Journal EU. Commission, 13 June 2016. Implementing Decision (EU) 2016/1032
- ECI, 2019, European Copper Institute, 19 Sep. 2019. Evaluation of the Industrial Emission s Directive.
- Ecclefield. R. 2018. Estrategia Comercial Codelco. Foro Voces mineras, Stgo.
- El Mostrador, 2019 <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2019/07/24/se-deroga-la-ley-reservada-del-cobre-congreso-despacha-a-ley-el-nuevo-sistema-de-financiamiento-para-las-ffaa/> ;
- EL Mostrador 2016; <http://www.elmostrador.cl/noticias/opinion/2016/09/02/por-que-el-gobierno-no-quiere-cambiar-la-ley-reservada-del-cobre/>
- EY, 2017. [Chile mining tax alert](http://Chile_mining_tax_alert). EY May 2017 Santiago.
- Fastmakets, 2019, 2021. [Low margins force private Chinese copper smelters to close while state firms keep growing](http://Low_margins_force_private_Chinese_copper_smelters_to_close_while_state_firms_keep_growing) ;
- [Low margins force private Chinese copper smelters to close while state firms keep growing](http://Low_margins_force_private_Chinese_copper_smelters_to_close_while_state_firms_keep_growing)
- Guajardo. J.C, 2018. La estrategia de fundiciones de China, India, Japón y otros actores. Plusmining, Foro Voces Mineras, Santiago.
- Hernández. S. 2018, Hernández. S, Análisis del mercado de concentrados de cobre y fundiciones. Stgo
- Hernández. S, 04.06.2020 Doc. “Impuestos e Inversión Publica”. PNM 2050. Pag.16, Stgo. Presenta información bien documentada sobre impuestos y regalías en varios países mineros y complejidad del sistema nacional.
- Jara Donoso JJ. 2021. Informe PNM 2050, Eje "Institucionalidad y desarrollo minero" Ministerio de Minería, Stgo.
- Kautilya, 4eme siglo a.n.e, El Arthasastra, Tratado sobre Política y Gobernanza, Parte 2, El Estado y la Economía Chap 12 [30], Instalación de minas y de empresas metalúrgicas.
- La Tercera, 22.12.2016 <http://www.latercera.com/noticia/ley-reservada-del-cobre-dejo-hoy-secret/>
- Minería Chilena 11.08.2015. Fundiciones en Chile: Una discusión necesaria.
- Minería Chilena 10.02.2019. [Así está el escenario de las fundiciones en Chile \(mch.cl\)](http://Así_está_el_escenario_de_las_fundiciones_en_Chile_(mch.cl)) , Stgo.
- Mining Magazine 2020, July 30. <https://www.miningmagazine.com/sustainability/news/1392097/aurubis-signs-solar-deal-for-bulgaria-smelter>
- MIIT-PRC 2014 (Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China), Announcement N°29. Annex. Standard Conditions for Copper Smelting Industry in China.

NMM Group 2020, https://www.nmm.jx-group.co.jp/english/company/vision/pdf/index_en01.pdf ;
<https://www.nmm.jx-group.co.jp/english/company/policy/environment.html>

OMC 1994 Acuerdo sobre Subvenciones y Medidas compensatorias, parte IV artículo 8.

Perez K, Toro N, Galvez E, Robles P, Wilson R, Navarra A, 2021. Environmental; economic and technological factors affecting Chilean copper smelters-A critical review. Journal of Materials Research and Technology Vol 15, November-December 2021 pages 2013-225, Netherlands

PeW, 2017. World in 2050. Summary Report, pag11.

Rayo J. 14.06.2018 Hacia una estrategia nacional de fundiciones. Foro Voces Mineras, Crown Plaza Stgo.

Risopatron C. 2018. Impurities in Copper raw materials & regulatory advances in 2018. A global overview. ICSG, Oct. 2018 Tokyo.

Sanchez F, Roa C, Garay V, 2021. Exportación de concentrados de cobre: caracterización de condiciones comerciales. DEPP, Cochilco, Stgo.

Statista, 2015-2022. <https://es.statista.com/> ; <https://www.statista.com/statistics/744071/manufacturing-labor-costs-per-hour-china-vietnam-mexico/>;

Streicher-Porte M. y Hans Jörg Althaus, 2010. A Life Cycle Assessment Study China and Global Markets: Copper Supply Chain Sustainable Development. A Life Cycle Assessment Study. IIED, Switzerland. February

Soderstrom U. 11.2008. Copper smelter revenue stream Capital markets day, Boliden

Terrazas. P, junio 2018 Hacia un Política Nacional de Fundiciones, Foro Voces mineras, Stgo.

Voces Mineras, 2019, <https://vymm.cl/analizaron-situacion-actual-y-futura-de-las-fundiciones-en-chile/> ;

USGS 2021, Map and table of world copper smelters; <https://mrdata.usgs.gov/copper/map-us.html>

World Bank. 2022 Commodity Markets. Evolution Changes & Policies.

WMS (World Metal Statistics), 2021, London, UK.